

# Deckblatt



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Blatt: 1
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64330000				GC	PF	0012	00	Stand: 14.04.2021

Titel der Unterlage:

GEOTECHNISCHES, GEOPHYSIKALISCHES, GEOCHEMISCHES MONITORING UND  
BAUSTOFFUNTERSUCHUNGEN - JAHRESBERICHT 2020 GEOMONITORING ASSE

Ersteller/Unterschrift:

Prüfer/Unterschrift:

Stempelreihe:

UVST: 1. MAI 2021

bergrechtlich

atomrechtlich

Bereichsleitung:

Freigabe zur Anwendung:

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.





PT066691



Stand: 14.04.2021

Blatt: 1

**DECKBLATT**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

Kurtitel der Unterlage:

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Ersteller / Unterschrift:

|  
|

Prüfer / Unterschrift: ✓

Titel der Unterlage:

**Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und  
Baustoffuntersuchungen** ✓**Jahresbericht 2020 Geomonitoring Asse**

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich:  
TEK-GI

Stabsstelle Qualitätssicherung:

Endfreigabe:

Bereichsleitung ASF

Unterschrift

Unterschrift

Unterschrift ✓

**REVISIONSBLATT**

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

Kurztitel der Unterlage:  
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	14.04.2021	TEK-GI.5		–	Ersterstellung

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung. Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 3

## Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt	1
Revisionsblatt	2a
Inhaltsverzeichnis	3
1 Einleitung	12
2 Geotechnisches Kontroll- und Überwachungsprogramm	15
2.1 Gebirgsspannungsmessungen	15
2.1.1 Messziele	15
2.1.2 Messsysteme	15
2.1.3 Durchführung der Messungen	16
2.1.4 Darstellung der Messergebnisse	16
2.1.5 Fazit	18
2.2 Messungen zum Verformungszustand und Deformationsverhalten	19
2.2.1 Höhenänderungen über Tage	19
2.2.2 Lagemessungen unter Tage	19
2.2.3 Höhenänderungen unter Tage	20
2.2.4 Querschlägige Extensometermessungen im Baufeld an der Südflanke	21
2.2.5 Visuelle Inspektion und Messungen in den Inklinometerbohrungen	24
2.2.6 Konvergenzmessungen	26
2.3 Versatzdruckmessungen	32
2.3.1 Messziel	32
2.3.2 Messsysteme	32
2.3.3 Durchführung der Messungen	32
2.3.4 Darstellung der Messergebnisse	32
2.3.5 Fazit	33
2.4 Mikroseismische Überwachung	34
2.4.1 Messziele	34
2.4.2 Messsystem	35
2.4.3 Durchführung der Messungen und Auswertungen	35
2.4.4 Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung	36
2.4.4.1 Übersicht über die Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung	37
2.4.4.2 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand (im Bereich oberhalb der 490-m-Sohle bis zur 511-m-Sohle)	38
2.4.4.3 Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen (532-m-Sohle bis 679-m-Sohle)	39
2.4.4.4 Mikroseismizität auf den unteren Sohlen und im Bereich des Tiefenaufschlusses (700-m-Sohle bis 975-m-Sohle)	40
2.4.4.5 Mikroseismizität südlich bis südöstlich unterhalb des Grubengebäudes und im Deckgebirge unterhalb des 574-m-Niveaus	44
2.4.4.6 Besondere mikroseismische Überwachung der Firstspaltverfüllung	44
2.4.5 Fazit	45
2.5 Mikroakustische Überwachung der Firsten der Abbaue 3/490 und 4/490	46
2.5.1 Messziele und Messsysteme	46
2.5.2 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 3/490	46
2.5.3 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 4/490	49
2.5.4 Fazit	51
3 Überwachung des Baufeldes an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle	53
3.1 Messergebnisse	55
3.2 Monitoringbereiche	57

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 4

3.3	Fazit . . . . .	57
4	Lokale Monitoringprogramme zur Überwachung sensibler Infrastrukturbereiche . . . . .	58
4.1	Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer . . . . .	58
4.1.1	Standortbeschreibung . . . . .	58
4.1.2	Messergebnisse . . . . .	59
4.1.3	Bewertung der Situation . . . . .	63
4.1.4	Zusammenfassende Bewertung . . . . .	73
4.2	Nebenabbau auf der 532-m-Sohle . . . . .	74
4.3	Situation im Bereich der Wendelstrecke . . . . .	77
4.3.1	Standortbeschreibung . . . . .	77
4.3.2	Messergebnisse, visuellen Beobachtungen und sonstigen Standortdaten . . . . .	78
4.3.3	Bewertung und Empfehlungen für die Wendelbereiche . . . . .	93
4.3.4	Fazit . . . . .	95
4.4	Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle . . . . .	96
4.4.1	Standortbeschreibung . . . . .	96
4.4.2	Zentraler Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau . . . . .	97
4.4.3	Östlicher Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau und Verbindungsstrecke . . . . .	106
4.4.4	Firstniveau der 700-m-Sohle und Wendelstrecke (bis zur Einbindung ins Sohlenniveau) . . . . .	113
4.4.5	Fazit . . . . .	118
4.5	Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau) . . . . .	119
4.5.1	Standortbeschreibung . . . . .	119
4.5.2	Messergebnisse . . . . .	121
4.5.3	Fazit . . . . .	133
4.6	Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle . . . . .	134
4.6.1	Standortbeschreibung . . . . .	134
4.6.2	Messergebnisse . . . . .	134
4.6.3	Fazit . . . . .	143
4.7	Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle . . . . .	145
4.7.1	Standortbeschreibung . . . . .	145
4.7.2	Messergebnisse . . . . .	153
4.7.3	Bewertung der Ergebnisse . . . . .	157
4.7.4	Fazit . . . . .	159
5	Salzlösungsmonitoring . . . . .	161
5.1	Monitoring des Salzlösungszutritts . . . . .	161
5.2	Monitoring der Salzlösungen in der Südflanke . . . . .	161
5.3	Monitoring der Salzlösungen in der Nordflanke . . . . .	169
5.4	Monitoring der Salzlösung im Tiefenaufschluss . . . . .	170
5.5	Geochemisches Monitoring der Salzlösungen . . . . .	171
5.6	Fazit und Bewertung . . . . .	176
6	Bau- und Versatzstoffe . . . . .	177
6.1	Qualitätssicherung der Bau- und Versatzstoffe . . . . .	178
6.1.1	Magnesiumchloridlösung (Anmachflüssigkeit für Sorelbeton) . . . . .	178
6.1.2	Magnesiumoxid (MgO; Basismaterial für die Sorelbetonherstellung) . . . . .	178
6.1.3	Steinsalz (Fremdsalz) . . . . .	179
6.1.4	Eigensalz zur Verwendung bei der Sorelbetonherstellung . . . . .	180
6.1.5	Vorprodukt für die Sorelbetonherstellung . . . . .	181

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 5

6.2	Sorelbetonproduktion . . . . .	181
6.2.1	Qualitätssicherung der Zusammensetzung des Sorelbetons . . . . .	181
6.2.2	Qualitätssicherung der Frischbetonsuspension und der Einzelkomponenten . . . . .	182
6.3	Sonstige Baustoffuntersuchungen . . . . .	183
7	Monitoring Grundwassermessstellen . . . . .	184
8	Gesamtbewertung . . . . .	186
9	Literaturverzeichnis . . . . .	193

## Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1:	Allgemeine Darstellungen . . . . .	201
Anhang 1.1:	Lage der geotechnischen Messstellen . . . . .	201
Anhang 1.2:	Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung . . . . .	202
Anhang 1.3:	Status und Bilanzierung der Einbringung von Versatzmaterialien in das Gruben- gebäude, Stand 30.11.2020 . . . . .	203
Anhang 2:	Ergebnisse der Gebirgsspannungsmessungen . . . . .	206
Anhang 2.1:	Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 11/2019 . . . . .	206
Anhang 2.2:	Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 12/2020 . . . . .	207
Anhang 2.3:	Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungsmesswerte 11/2019 . . . . .	208
Anhang 2.4:	Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungsmesswerte 12/2020 . . . . .	209
Anhang 2.5:	Tabellarische Werte der maximalen und minimalen Spannungen . . . . .	210
Anhang 2.6:	Ausgewählte Zeitreihen der Messwertdarstellungen . . . . .	212
Anhang 3:	Verformungsmessungen . . . . .	224
Anhang 3.1:	Extensometermessungen . . . . .	224
Anhang 3.2:	Visuelle Beobachtungen in den Inclinometerbohrungen . . . . .	241
Anhang 4:	Versatzdruckmessungen . . . . .	243
Anhang 4.1:	Prinzipskizze – Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation und eines Versatz- druckgebers . . . . .	243
Anhang 4.2:	Übersicht des Verfüllfortschrittes (Stand: 01/2021) und der mittleren Versatz- druckmesswerte (Stand: 12/2020) . . . . .	244
Anhang 5:	Mikroseismische Überwachung . . . . .	245
Anhang 5.1:	Positionen der Mikroseismiksonden . . . . .	245
Anhang 5.2:	Monatliche Detektionen potentieller Ereignisse von 01/2007 bis 12/2020 . . . . .	246
Anhang 5.3:	Anteil der Zeit ohne bzw. mit nur geringen bergmännischen Aktivitäten . . . . .	247
Anhang 5.4:	Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 (manuelle Auswertung) . . . . .	248
Anhang 5.5:	Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 10/2020 (manuelle Auswertung) projiziert auf benachbarte, näherungsweise Nord-Süd- verlaufende Seigerschnitte durch die Linien 30, 14, 2, 22, 26 und 28 . . . . .	251
Anhang 5.6:	Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität im gesamten überwachten Bereich (Automatik) . . . . .	258
Anhang 5.7:	Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität ohne die Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 (Automatik) . . . . .	261

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 6

Anhang 5.8:	Sohlenweise Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse in Betriebsruhephasen von Oktober 2019 bis Dezember 2020 (Manuelle Auswertung) . . . . .	262
Anhang 5.9:	Cluster bei der ELK 4/750 . . . . .	285
Anhang 5.10:	Cluster bei der ELK 6/750 . . . . .	288
Anhang 5.11:	Mikroseismizität bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen (westlicher Teil) auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 . . . . .	292
Anhang 5.12:	Ereignisse im zentralen Bereich der 700- bis 750-m-Sohle . . . . .	294
Anhang 6:	Mikroakustische Messungen in den Abbauen 3/490 und 4/490 . . . . .	300
Anhang 6.1:	Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 . . . . .	300
Anhang 6.2:	Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 . . . . .	303
Anhang 7:	Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand . . . . .	306
Anhang 7.1:	Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 490-m-Sohle und im Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand Dezember 2020 . . . . .	306
Anhang 7.2:	Ergebnisse der Firsttextensometermessungen . . . . .	307
Anhang 7.3:	Ergebnisse der Fissurometermessungen . . . . .	308
Anhang 8:	Nebenabbau auf der 532-m-Sohle . . . . .	311
Anhang 9:	Gebirgsmechanische Situation – Wendelstrecke (490- – 850-m-Sohle) . . . . .	312
Anhang 9.1:	Sanierungsbedarf der Wendelstrecke (Darstellung: Schnitt 1) . . . . .	312
Anhang 9.2:	Geschädigter Wendelstreckenabschnitt Pfeiler 4/5 616-m-S mit Lage der Georadarprofile und Stoßkontrollbohrungen . . . . .	313
Anhang 9.3:	Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen FKBrG. 637-30, 725-19, 750-50, 750-53, 750-54 und 775-11 . . . . .	314
Anhang 9.4:	Ausgewählte Abbildungen der Sohlkontrollbohrungen SKBrG. 553-01, 553-02, 616-01 sowie Stoßkontrollbohrungen StKBrG. 750-64, 750-65 und 750-66 . . . . .	315
Anhang 9.5:	Ergebnisse der Fissurometermessungen (exemplarisch) . . . . .	316
Anhang 9.6:	Lage der Monitoring-Teilbereiche . . . . .	317
Anhang 9.7:	Lage der Kontrollbohrungen und geotechnischen Messstellen . . . . .	318
Anhang 9.8:	Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit empfohlenen Stabilisierungsmaßnahmen . . . . .	319
Anhang 9.9:	Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit Bohrort (Auffahrungsstand 3. Phase) und Lage der Erkundungsbohrungen . . . . .	320
Anhang 9.10:	Fissurometermessungen . . . . .	321
Anhang 10:	Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle . . . . .	322
Anhang 10.1:	Lage der Beobachtungs- und Messpunkte . . . . .	322
Anhang 10.2:	Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen . . . . .	323
Anhang 10.3:	Ergebnisse der Rissbeobachtungen . . . . .	324
Anhang 11:	Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle . . . . .	326
Anhang 11.1:	Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle mit Lage der Messbohrungen und Messsysteme im Umfeld der westlichen Streckenaufweitung . . . . .	326
Anhang 11.2:	Zeitreihen der Firsttextensometer- und Temperaturmessungen . . . . .	328
Anhang 11.3:	Firstnivellement . . . . .	330
Anhang 11.4:	Vorgesehene Stabilisierungsmaßnahmen im erweiterten Monitoringbereich (nach Befahrung vom 02.11.2018) . . . . .	331

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 7

Anhang 12:	Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau) . . . . .	332
Anhang 12.1:	Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der betrachteten Streckenabschnitte . . . . .	332
Anhang 12.2:	Geologischer Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der geotechnischen Instrumentierung . . . . .	333
Anhang 13:	Monitoring Grundwassermessstellen . . . . .	334
Anhang 13.1:	Lage der Grundwassermessstellen . . . . .	334
Anhang 13.2:	Abstich Schacht Asse 1 und Gesamtfassungsrate im Grubengebäude der Schachanlage Asse II (Zeitraum: 01/2020–12/2020) . . . . .	335
Anhang 13.3:	Abstich Schacht Asse 1, GW-001 (H1) und GW-016 (P16) (Zeitraum: 01/2020–12/2020) . . . . .	336

### Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	SMS – Instrumentierungen . . . . .	15
Tabelle 2.2:	Zeitliche Entwicklung der Maxima der Pfeilerstauchungsraten . . . . .	22
Tabelle 2.3:	Abgeleitete Bandbreiten der Konvergenzraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2019 und 31.12.2020 . . . . .	30
Tabelle 2.4:	Abgeleitete Bandbreiten der Verformungsraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2019 und 31.12.2020 . . . . .	31
Tabelle 2.5:	Versatzdruckverteilung im Berichtszeitraum . . . . .	33
Tabelle 2.6:	Anzahl der im gesamten überwachten Bereich insgesamt bzw. zu Zeiten ohne bergmännische Aktivitäten automatisch lokalisierten Ereignisse in den Kalenderjahren 2016 bis 2020. Die vierte Spalte zeigt die aus Betriebsruhezeiten auf die Gesamtzeit hochgerechnete Anzahl mikroseismischer Ereignisse, die im Unterschied zur zweiten Spalte keine direkt arbeitsbedingten Ereignisse enthält. . . . .	37
Tabelle 4.1:	Berechnete mittlere Verformungsraten für die Abschnitte 0–3 m, 3–6 m und 6–9 m für das Firstextensometer FiEx490-02 in Abbau 4/490 . . . . .	60
Tabelle 5.1:	Zusammenfassung der wichtigsten geochemischen Parameter der in 2020 analysierten Lösungen. . . . .	175
Tabelle 6.1:	Mittlere Zusammensetzung aus 325 LKW-Anlieferungen Anmachflüssigkeit für die Produktion von Sorelbeton im Jahr 2020 . . . . .	178
Tabelle 6.2:	Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am MgO aus der Anlieferungskontrolle und den Qualitätskontrollen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2020 . . . . .	179
Tabelle 6.3:	Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am gelieferten Steinsalz aus der Anlieferungskontrolle im Jahr 2020 . . . . .	180
Tabelle 6.4:	Zusammenfassung der Mittelwerte der Laborergebnisse von bei der Sorelbetonproduktion verwendeten grubeneigenen Salzsorten im Jahr 2020 . . . . .	180
Tabelle 6.5:	Zusammenfassung der Laborergebnisse der untersuchten Vorprodukte für die Sorelbetonproduktion im Jahr 2020 . . . . .	181
Tabelle 6.6:	Übersicht der verbauten Gesamtmassen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2020 . . . . .	182
Tabelle 6.7:	Durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung des Sorelbetons im Jahr 2020 . . . . .	182
Tabelle 6.8:	Durchschnittliche Ergebnisse der baubegleitenden Untersuchungen an der Frischbetonsuspension, der Anmachflüssigkeit und der Zutrittslösung im Jahr 2020 . . . . .	183

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 8

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten über die Teufenlage im Bereich der Verformungsmaxima für die Jahre 1989, 2008 und 2020 . . . . .	23
Abbildung 2.2:	Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse im Firstbereich und bei der Grenze Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2020 und Zuordnung zu drei Ereignis-Bereichen (mit „B3/1“, „B3/2“ und „B3/3“ bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und sechs Ereignis-Clustern (pink eingekreist und mit „C3/1“ bis „C3/6“ bezeichnet). Siehe auch Anhang 6.1, Bilder 40 bis 42 auf Seite 300. . . . .	47
Abbildung 2.3:	Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse beim Abbau 4/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2020 und Zuordnung zu fünf Ereignis-Bereichen (mit „B4/1“ bis „B4/5“ bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und Ereignis-Cluster (pink eingekreist und mit „C4/1“, „C4/2,3“, „C4/4“, „C4/5“, „C4/6“ und „C4/7“ bezeichnet). Zur Lage im Raum siehe Anhang 6.2, Bilder 48 bis 50 auf Seite 303 sowie Bilder 53 und 54 auf Seite 305. . . . .	50
Abbildung 4.1:	Kamerabefahrung der Firstkontrollbohrung FKBrG. 15/490-3 vom 11.09.2020	61
Abbildung 4.2:	Abbaue 3/490 und 4/490 auf der 490-m-Sohle . . . . .	64
Abbildung 4.3:	Abbaue 8/490 und 9/490 auf der 490-m-Sohle . . . . .	65
Abbildung 4.4:	E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle . . . . .	66
Abbildung 4.5:	Blick nach Osten in die Kfz-Werkstatt mit der Kranbahn, Stand: 06.01.2021 . . . . .	67
Abbildung 4.6:	Infrastrukturräume im zentralen Bereich der 490-m-Sohle . . . . .	68
Abbildung 4.7:	Füllörter Schacht 2 und 4 sowie der Hauptgrubenlüfter auf der 490-m-Sohle . . . . .	69
Abbildung 4.8:	Blick auf die laufenden Sanierungsarbeiten am nordöstlichen Stoß des Abbaus 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand: 05.01.2020 . . . . .	71
Abbildung 4.9:	Auszug aus dem Sohlenriss der 490-m-Sohle (Stand: 10.02.2020) mit projizierter Einlagerungskammer 8a/511 auf der 511-m-Sohle (Stand: 30.09.2019) . . . . .	72
Abbildung 4.10:	Blick vom Zugang zum Abbau 8/490 in die Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle, Stand: 06.01.2021 . . . . .	73
Abbildung 4.11:	Blick von der Wendelstrecke auf die Abschlussmauer zur Abbaubegleitstrecke der 532-m-Sohle, 05.01.2021 . . . . .	77
Abbildung 4.12:	Signifikant entfestigter Nordstoß der Wendelstrecke auf Höhe zwischen Abbau 7 und Abbau 8 auf der 595-m-Sohle, Blick nach Westen (05.01.2021) . . . . .	79
Abbildung 4.13:	Diagonale Risse mit Messpunkten der Öffnungsweite und markierten Rissen den westlich des Stützmaurelements am Südstoß im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle, Blick nach Südwesten (05.01.2021) . . . . .	80
Abbildung 4.14:	Gesicherte Nische im Querschlag zum Abbau 5/616 auf der 616-m-Sohle mit Übergang zu Stützmaurelement am Südstoß des Pfeilers 4/5 und Ansatzpunkt SKBrG. 616-01, Blick nach Südwesten (05.01.2021) . . . . .	81
Abbildung 4.15:	Abgemauerter Zugang des Querschlags zum Abbau 4/637 auf der 616-m-Sohle in östlicher Verlängerung der bereits erstellten Stützmauer am Wendelstreckensüdstoß, Blick nach Südwesten (05.01.2021) . . . . .	83
Abbildung 4.16:	Östlich und westlich des Zugangs zum Abbau 3/658 am Südstoß erstellte Stützmaurelemente sowie Abschaltungen am Nordstoß, Blick nach Westen (05.01.2021) . . . . .	84
Abbildung 4.17:	Wendelstrecke im Bereich der 679-m-Sohle im Bereich der Abbaureihe 2/3 mit zunehmend geschädigten Stößen, Blick nach Westen (05.01.2021) . . . . .	85

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 9

Abbildung 4.18:	Intensiv entfestigter Südstoß östlich des Zugangs von Abbau 6/725 (Na2) im Wendelstreckenabschnitt von der 700- zur 725-m-Sohle, der Nordstoß wurde bis unterhalb des Querschlags zum Hauptgesenk I westl. mit einer Stützmauer saniert, Blick nach Nordwesten (05.01.2021)	86
Abbildung 4.19:	Westlicher Wendelstreckenabschnitt von der 725-m- zur 750-m-Sohle mit durch Stabilisierungsmauern saniertem Nord- und Südstoß (Lage Konvergenzmesststelle K047), Blick nach Südosten (05.01.2020)	87
Abbildung 4.20:	Östlicher Wendelstreckenabschnitt von der 725-m- zur 750-m-Sohle mit starken, bis in den Übergang zur Firste reichenden Abschaltungen am Nord- und Südstoß, Blick nach Südosten (05.01.2021)	89
Abbildung 4.21:	Unmittelbar an den verfüllten Abschnitt der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen angrenzender Pfeiler am Südstoß der Wendelstrecke zur 775-m-Sohle mit Fissurometer 037F an steil einfallender Trennfläche, Blick nach Südwesten (05.01.2021)	91
Abbildung 4.22:	Von Scherfläche durchzogene Pfeilerspitze zwischen Wendelstrecke und Zugang zum Abbau 3a auf der 775-m-Sohle, Blick nach Osten (05.01.2021)	92
Abbildung 4.23:	Sukzessive Verfüllung des östlich der Wendelstrecke auf der 850-m-Sohle abgehenden Streckenansatzes zu den Salzgewinnungsstrecken, Blick nach Osten (05.01.2021)	93
Abbildung 4.24:	Fertiggestelltes Stützbauwerks zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südöstlichen Stoß der 20BA und Durchlass für das Förderband, Blick nach Südwesten (06.01.2021)	99
Abbildung 4.25:	Fertiggestelltes Stützbauwerks zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südwestlichen Stoß der 20BA, Fissurometer 045F sowie Durchlass für das Förderband, Blick nach Südwesten (06.01.2021)	99
Abbildung 4.26:	Abgemauerter Zugang zum ehemaligen Standort der Baustoffanlage 50BA mit Stützmauer am Wendelstreckenstoß im Norden und südlich aufgeweiteter Nische als Podest für Schaltschränke, Blick nach Norden (05.01.2021)	100
Abbildung 4.27:	Von den Bohrörtern für die Versorgungsbohrung zu den Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle abgehende Flucht- und Wetterstrecke in Richtung der Wendelstrecke auf der 725-m-Sohle mit dem Übergang vom Carnallit ins Tonliniensalz, Blick nach Südwesten (06.01.2021)	101
Abbildung 4.28:	Errichtung einer Schalungsmauer im westlichen Zugang zum Abbau 6/725 (Na2) auf der 725-m-Sohle, nach Freiladen und Vorbereitung des Abbaus zur Verfüllung, Blick nach Südosten (05.01.2021)	102
Abbildung 4.29:	Lage der Beobachtungsbereiche im Umfeld der Baustoffanlage 20BA; Auszug aus dem Sohlenriss der 700-m-Sohle (Stand: 06.11.2019)	103
Abbildung 4.30:	Vahlberger Strecke mit entfestigtem Südstoß unmittelbar westlich der Einmündung des Querschlags zum Blindschacht 3 sowie abgetrenntem Fahrtrum am Nordstoß, Blick nach Westen (06.01.2021)	107
Abbildung 4.31:	Vollständig aufgefahrenes Bohrort mit nordöstlich bzw. östlich abgehenden Teilbohrörtern der Erkundungsbohrungen EBrG. 700-1a und 700-3, Lage der Vorerkundungsbohrung VorEBrG.700-1a.1 sowie südlicher Aufweitung für die Erstellung der Erkundungsbohrungen EBrG. 700-4 und 700-5, Blick nach Osten (06.01.2021)	108
Abbildung 4.32:	Riss von geringer Öffnungsweite oberhalb des Ansatzes von VorEBrG. 700-1a.1 - die September 2020 gesetzte Markierung wurde bislang nicht überschritten, Blick nach Osten (06.01.2021)	109

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 10

Abbildung 4.33:	Intensive Abschaltungen am Nord- und Südstoß der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf Höhe der Abbaue 12-13 mit Extensometer 700004 im Pfeiler 12/13, Blick nach Westen (22.01.2021)	115
Abbildung 4.34:	Entfestigter Südstoß der Wendelstrecke westlich des im südlichen Teil verfüllten Zugangs zum Blindschacht 2, Blick nach Südwesten (05.01.2021)	115
Abbildung 4.35:	Gleitbogenausbau im Abbau 1/725 mit Schädigungen der Verzugsmatten sowie einhergehendem Austritt von Hinterfüllungsmaterial im Firstbereich der Gleitbögen 16 und 17, Blick nach Osten, 05.01.2021	124
Abbildung 4.36:	Gleitbogenausbau in Abbau 2 mit korallen- und stalaktitenförmigen Salzausfällungen sowie Kristallinat auf der Schottersohle im östlichen Übergang zum Pfeiler 2/3, Blick nach Osten, 06.01.2021	125
Abbildung 4.37:	Katasterstelle P725004 in Pfeiler 2/3 mit Abschaltungen am Nordstoß, Blick nach Norden, 06.01.2021	126
Abbildung 4.38:	Planen auf der Sohle zum Auffangen von Lösung im zentralen Bereich des Gleitbogenausbaus in Abbau 3 mit aktiven korallen- und stalaktitenförmigen Salzausfällungen, Blick nach Osten, 06.01.2021	126
Abbildung 4.39:	Abgerissene Abstandshalter und austretende Hinterfüllung im Firstbereich des Gleitbogenausbaus, Blick nach Osten, 06.01.2021	127
Abbildung 4.40:	Südstoß im Westen des Pfeilers 3/4 mit durch die Fissurometer 010F und 011F überwachten Vertikalrissen sowie korallen- blumenkohlförmigen Salzausfällungen, Blick nach Süden, 06.01.2021	128
Abbildung 4.41:	Stark entfestigter Südstoß im Osten des Pfeilers 3/4 mit signifikant aufgeweiteten Vertikalrissen im Übergang zum Gleitbogenausbau des Abbaus 4/725, Blick nach Süden, 06.01.2021	128
Abbildung 4.42:	Nachschnitt nördlich Pfeiler 3/4 mit Tropfstelle am Rolloch R2 und dem fortschreitend entfestigten Pfeiler zwischen Nordstoß der Richtstrecke nach Westen (rechts im Bild) und dem Querschlag nach Norden, Blick nach Nordosten, 06.01.2021	129
Abbildung 4.43:	Im Pfeiler zwischen Nordstoß der Richtstrecke nach Westen und dem Querschlag nach Norden bilden sich im Übergang zum Abbau 4 zunehmend Risse und Scherflächen aus - der Gleitbogenausbau im Abbau 4 weist intensive Verformungen auf, Blick nach Osten, 06.01.2021	130
Abbildung 4.44:	Nachgeschnittener Pfeiler 4/5, östlich des Lösungssumpfs (P725007) mit abgemauertem verfüllten Blindschacht 2 sowie nördlich davon in einer Nische verlaufende Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle, Blick nach Osten, 06.01.2021	131
Abbildung 4.45:	Geankerte Schichtgrenze Na $\beta$ /K2C und verfüllter Zugang zu Abbau 4/725 im südlichen Abschnitt des Querschlags nach Norden, Blick nach Nordosten, 06.01.2021	132
Abbildung 4.46:	Nördlicher Abschnitt des Querschlags nach Norden mit der zur Fluchtbohrung verlaufenden Radonlutte und geschädigtem Weststoß, Blick nach Norden, 06.01.2021	132
Abbildung 4.47:	Füllort mit stabilisiertem südöstlichen Pfeiler sowie vereinzelt geraubten flachen Lösern im Firstbereich, Blick nach Westen (22.01.2021)	139
Abbildung 4.48:	Zunehmend entfestigter südlicher Stoß des nördlichen Füllortpfeilers von Schacht 2/750 mit Rissen, Abschaltungen und gekürztem Riffelblech, Blick nach Nordwesten (03.02.2021)	140
Abbildung 4.49:	Intensiv geschädigter Betonring mit zunehmender Rissbildung und Abplatzungen im östlichen Auflagebereich der Füllortbühne - einzelne Anker sind nicht mehr intakt, Blick nach Nordosten (03.02.2021)	141

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 11

Abbildung 4.50:	Schwach tropfende Katasterstelle P750157 mit stalaktitenförmigen Salzausfällungen, Blick nach Süden (03.02.2021)	141
Abbildung 4.51:	Durch Stützbauwerke stabilisierter Zugang zum Füllort Schacht 4/750 mit Systemankerung und Firstkontrollbohrungen an der entfestigten Firste sowie mit Verbundsteinpflaster befestigter Sohle (03.02.2021)	142
Abbildung 4.52:	Nördliche Richtstrecke nach Westen zwischen westl. Umfahrung und Schacht 4/750 mit teilweise bis zum Übergang Stoß/Firste geschädigten Stößen, Blick nach Nordwesten (03.02.2021)	143
Abbildung 4.53:	Zufahrtsbereich mit Stabilisierungsbauwerken an beiden Stößen, unvollständig mit Maschendrahtverzug gesicherten Vertikalrissen sowie Bereich der unterfahrenen A-Sohle, Blick nach Südosten (22.01.2021)	148
Abbildung 4.54:	Als Pausenplatz genutzte Aufweitung der nördlichen Richtstrecke nach Osten, Blick nach Südosten (01.02.2021)	149
Abbildung 4.55:	Nördliche Richtstrecke nach Osten (rechts) mit nachgeschnittener Kontur, betonierter Sohle und eingefräster Nische zur Aufnahme einer Stützmauer am Südstoß. Auch im Bereich der Zufahrtsrampe zum Abbau 5/750 (Na2) erfolgte ein umfassender Konturnachschnitt, Blick nach Nordwesten (05.01.2021)	150
Abbildung 4.56:	Bis unter die Radonlutte reichendes Stabilisierungsbauwerk im Bereich des entfestigten Südstoßes westlich des Zugangs zum Blindschacht 3. Blick nach Südosten (05.01.2021)	150
Abbildung 4.57:	Am Rand des nicht firstbündigen Abschnitts vom Salzhautwerk im mittleren Abbau 5/750 eingerichtetes Plateau mit Kompressorstation. Blick nach Südosten (05.01.2021)	151
Abbildung 4.58:	Nördliche Richtstrecke n. Osten östlich des Querschlags mit Grubenwehraum mit nachgeschnittener Kontur und Stützmauer entlang des Südstoßes. Blick nach Südosten (05.01.2021)	152
Abbildung 4.59:	Schalungsarbeiten im Mittelteil der am Südstoß im östlichen Abschnitt der nördliche Richtstrecke n. Osten erstellten Stützmauer. Blick nach Südosten (05.01.2021)	152
Abbildung 5.1:	Fassungsrate im Baufeld der Südflanke (Wochenmittel)	162
Abbildung 5.2:	Fassungsrate aus dem Bereich der 658-m-Sohle im Jahr 2020	163
Abbildung 5.3:	Fassungsrate im Bereich der Südflanke auf der 725- und 750-m-Sohle	163
Abbildung 5.4:	Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Abbau 3/658 (L658008) von 2018 bis 2020 /Jänecke-Diagramm	164
Abbildung 5.5:	Veränderungen der KCl- und CaSO <sub>4</sub> -, B-, Sr- und Rb-Konzentrationen der Salzlösung an L658008 im Jahr 2020	165
Abbildung 5.6:	Tägliche Fassungsrate im Bereich des Baufeldes der Südflanke	167
Abbildung 5.7:	Prozentualer Anteil der täglich gefassten Lösungen auf den einzelnen Sohlen, bezogen auf die täglich gefasste Gesamtmenge in der Südflanke	168
Abbildung 5.8:	Fassungsrate aus dem Bereich 553-m-Sohle	168
Abbildung 5.9:	Tägliche Fassungsrate aus dem Bereich der Nordflanke	169
Abbildung 5.10:	Verlauf des Pegelstands der Salzlösung im Tiefenaufschluss	171
Abbildung 5.11:	Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Bereich der Südflanke	173
Abbildung 5.12:	Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Bereich der Nordflanke	174
Abbildung 5.13:	Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Bereich des Tiefenaufschlusses	174
<b>Anzahl der Blätter dieses Dokumentes:</b>		<b>336</b>

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	6430000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 12

## 1 Einleitung

Die Schachanlage Asse II ist ein altes Kali- und Steinsalzbergwerk, in dem von 1906 bis 1964 ca. 3,9 Mio. m<sup>3</sup> Steinsalz und ca. 1,0 Mio. m<sup>3</sup> Carnallit abgebaut wurden und das Ausbruchsvolumen teilweise über Jahrzehnte unversetzt blieben. Nach Einstellung der Rohstoffgewinnung wurde die Schachanlage 1965 von der Bundesregierung übernommen. Von 1967 bis 1978 wurden im Auftrag des Bundesforschungsministeriums schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingelagert. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die anschließend in der Schachanlage Asse II im Auftrag des Forschungsministeriums der Bundesregierung durchgeführt wurden, sind Mitte 1995 weitgehend beendet worden.

Aufgrund der langen offenen Standzeit sowie der nicht ausreichend dimensionierten Tragelemente und der damit verbundenen hohen gebirgsmechanischen Beanspruchung kam es zu Schädigungsprozessen im Tragsystem, die sich in den 1980er Jahren deutlich beschleunigten. In Anbetracht der hohen Verformungsraten, der ablaufenden Bruchprozesse, insbesondere im Baufeld an der Südflanke, sowie des seit 1988 detektierten Lösungszutritts aus dem Deckgebirge, wurden von der Gesellschaft für Strahlenforschung<sup>1</sup> (GSF) Verfüllmaßnahmen im Hinblick auf eine schnellstmögliche und langzeitsichere Stilllegung geplant sowie mit der Umsetzung begonnen. Im November 2008 wurde in einem Kabinettsbeschluss vereinbart, dass ab dem 01.01.2009 die Schachanlage Asse II durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) nach Atomrecht zu betreiben ist. Mit der Betriebsführung der Schachanlage Asse II hatte das BfS wiederum die Asse-GmbH beauftragt. Im Jahre 2018 wurde die Asse-GmbH in die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) überführt, die seitdem auch Betreiber der Schachanlage Asse II ist. Der Betrieb und die Stilllegung der Schachanlage Asse II sind gesetzlich in § 57 b AtG ("Lex Asse") geregelt (s. [1]).

Für die Schachanlage Asse II wurde die Gefährdungslage, insbesondere im Hinblick auf eine auslegungsüberschreitende Entwicklung des Lösungszutritts (AÜL), analysiert [2], [3], daraus Maßnahmen zur Notfallplanung abgeleitet [4], [5] und mit deren Umsetzung begonnen. Weiterhin wurde ein Optionenvergleich zum Umgang mit den radioaktiven Abfällen im Hinblick auf eine Stilllegung durchgeführt. Als Ergebnis wurde am 15.01.2010 vom BfS festgestellt, dass die Rückholung der radioaktiven Abfälle nach derzeitigem Kenntnisstand die beste Variante ist. Um noch bestehende Unsicherheiten bezüglich des Zustandes der Einlagerungskammern (ELK) und der eingelagerten Gebinde zu klären, wurden entsprechende Untersuchungen (Faktenerhebung) begonnen.

Aufgrund der bestehenden hydrogeologischen Gefährdung ist es notwendig, die Maßnahmen der Notfallplanung vor dem Beginn der Rückholung umzusetzen. In diesem Zuge soll auch eine Stabilisierung des Tragsystems durch weitreichende Verfüllmaßnahmen erreicht werden. Unter Berücksichtigung der aktuellen Planungen zur Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen [2], [3], [4], [5] sowie auf Grundlage des Planungsstandes zur Rückholung der Abfälle und der bestehenden Rahmenbedingungen ist mit einem Beginn der Rückholung ab dem Jahre 2033 zu rechnen. Da die Rückholung der Abfälle [6] mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird, ist von einer dementsprechend deutlich verlängerten Betriebsphase auszugehen.

In das Grubengebäude der Schachanlage Asse II dringt eine an NaCl-gesättigte Salzlösung im Baufeld an der Südflanke ein [7]; derzeit sind es täglich ca. 13 m<sup>3</sup>. Aufgrund der gebirgsmechanischen Situation kommt es zu weiteren Verformungen der Tragelemente und einer zunehmenden Beanspruchung des Deckgebirges [2], [4]. Diese Situation und die im Deckgebirge ablaufenden Subrosionsvorgänge können zu Veränderungen des Salzlösungszutritts führen [3], [8]. Die Erfahrungen aus dem Kali-, Steinsalz- und Kupferschieferbergbau zeigen, dass zuverlässige Prognosen für die Zutrittsentwicklung schwierig

<sup>1</sup> Seit 01.01.2008 in Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU) umbenannt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 13
---	-----------

und mit großen Unsicherheiten behaftet sind [3]. Auch für die Schachanlage Asse II ist aufgrund der ungenauen Kenntnisse über die geologische und hydrogeologische Situation im Deckgebirge sowie der Zutrittspfade keine belastbare Prognose der Zutrittsentwicklung möglich. Die im Grubengebäude zutretenden Lösungen sind daher bezüglich Fassungsrates, Temperatur, Dichte und chemischer Zusammensetzung zu analysieren und zu dokumentieren sowie Veränderungen zu erfassen und zu bewerten.

Um die Sicherheit der Schachanlage Asse II bis zum Ende der Betriebsphase im Hinblick auf eine mögliche auslegungsüberschreitende Entwicklung des Lösungszutritts (AÜL) [2], [4] zu gewährleisten, sind Maßnahmen zur Notfallplanung [2], [5] initiiert worden, die auch umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen beinhalten. Zur Überwachung der Bauzustände, der gebirgsmechanischen Situation insgesamt und der Auswirkungen dieser Maßnahmen im Hinblick auf die Schädigungsentwicklung erfolgt ein umfangreiches Monitoring mit geotechnischen, markscheiderischen und geophysikalischen Messungen.

Neben dem langfristigen großräumigen Monitoring des gesamten Grubengebäudes sind in den stark geschädigten Infrastrukturbereichen zusätzliche lokale Monitoringprogramme zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit erforderlich geworden [9]. Zu diesem Zweck sowie zur Überwachung von vorsorglich durchzuführenden Verfüllmaßnahmen und zur Steuerung von Notfallmaßnahmen bei einem AÜL sind zusätzliche geotechnische Sensoren vorgesehen bzw. wurden bereits installiert.

Zur Beurteilung der bereits stark entfestigten Tragelemente (Pfeiler und Schweben) und des Gesamttragsystems (Deckgebirge, Pfeiler und Schweben) bis zum Ende der Betriebsphase wurde ein komplexes geotechnisches und geophysikalisches Kontroll- und Überwachungssystem eingerichtet (vgl. Anhang 1.1 auf Blatt 201). Die Messsysteme werden regelmäßig gewartet, bei Bedarf werden Sensoren ergänzt oder defekte Messsysteme ersetzt.

Die Ergebnisse der geotechnischen Messungen dienen der Erfüllung folgender Aufgaben:

- Überwachung und Beweissicherung der ablaufenden, sicherheitsrelevanten, gebirgsmechanischen Prozesse im Gesamttragsystem,
- Überprüfung bzw. Validierung der gebirgsmechanischen Berechnungen zur Zustandsanalyse und Prognose,
- Bewertung der Resttragfähigkeit des Tragsystems der Asse-Südflanke,
- Überprüfung der Wirksamkeit bzw. der Auswirkungen von durchgeführten Verfüllmaßnahmen,
- Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit (Betriebssicherheit) von Infrastrukturräumen und bei Bedarf Ableitung von Empfehlungen für Stabilisierungs- und Sicherungsmaßnahmen,
- Beurteilung der Einwirkungen und Erkennen kritischer Situationen, die eine Gefährdung des Bergwerkes insbesondere im Hinblick auf einen Notfall durch eine auslegungsüberschreitende Entwicklung des Lösungszutritts darstellen können.

Das Ziel der Überwachung ist die Erfassung des groß- und kleinräumigen Spannungs-/Verformungsverhaltens der tragenden Elemente des Baufeldes an der Südflanke, des Verformungsverhaltens des Grubengebäudes selbst und im Verbund mit dem Neben- und Deckgebirge. Weiterhin werden mikroseismische und mikroakustische Messungen zur Detektion von Bruchvorgängen im Gebirge und Radarmessungen zur Erkundung von Auflockerungszonen durchgeführt sowie die Parameter der im Grubengebäude austretenden Salzlösungen und der eingebrachten Versatzstoffe erfasst bzw. durch entsprechende Untersuchungen bestimmt.

Damit werden die Gebirgsreaktionen, insbesondere im Hinblick auf die Wirksamkeit der durchgeführten Verfüll-/Stabilisierungsmaßnahmen sowie die Untersuchung und Bewertung der Lösungsaustritte im

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 14

gesamten Grubengebäude im Hinblick auf die bestehende hydrogeologische Gefährdung überwacht. Weiterhin werden aus dem laufenden Monitoring bei Bedarf Empfehlungen für weitere oder vorgezogene Stabilisierungsmaßnahmen im Hinblick auf die deutlich verlängerte Betriebsphase und die geplante Rückholung der radioaktiven Abfälle abgeleitet.

In der vorliegenden Unterlage werden die zur Verfügung stehenden Ergebnisse aller Messungen und Untersuchungen des Geomonitorings in komprimierter Form für das Jahr 2020 (Datenstand: 31.12.2020) dargestellt und bewertet. Bei aktuellen Entwicklungen mit erheblicher Relevanz sind zum Teil auch Monitoringergebnisse aus dem Jahr 2021 bis zum Fertigstellungsstand berücksichtigt. Dies ist in den jeweiligen Kapiteln entsprechend angegeben.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 15

## 2 Geotechnisches Kontroll- und Überwachungsprogramm

### 2.1 Gebirgsspannungsmessungen

#### 2.1.1 Messziele

Zur Gewährleistung der Sicherheit der Schachtanlage Asse II in der Betriebsphase ist die Beanspruchung des Tragsystems innerhalb des Grubengebäudes und des Gesamttragsystems (Grubengebäude-Deckgebirge) durch eine intensive messtechnische Erfassung der Gebirgsspannungen zu beobachten. Aus gebirgsmechanischer Sicht dienen die Spannungsmessungen in den Pfeilern zur:

- Überwachung und Beweissicherung der Spannungssituation in den Pfeilern im Baufeld an der Südflanke,
- Parametergewinnung für die Planung und Qualitätssicherung von Maßnahmen zur Notfallplanung sowie deren Funktionsbewertung und
- Verifizierung der numerischen Berechnungen zur Tragfähigkeit, Vergleich zwischen Messung und Modellrechnung.

#### 2.1.2 Messsysteme

Derzeit sind im Baufeld an der Südflanke insgesamt 55 Spannungsmonitorstationen (SMS) in den Pfeilern oberhalb der 700-m-Sohle installiert, von denen sich 38 im routinemäßigen Messbetrieb befinden (s. Anhang 1.1 auf Blatt 201). Eine Übersicht der Druckkissenanordnung (Messrichtungen) und Art der Messwertabfrage der aktiven SMS zeigt Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: SMS – Instrumentierungen

Instrumentierung	Messrichtungen						Messwertabfrage
	45°/streichend	45°/querschlägig	querschlägig	45°(23°)/vertikal <sup>(1)</sup>	streichend	vertikal	
1994 (Pfeiler 4/5, Nord, 577 / 566)	-	✓	✓	-	✓	✓	elektrisch / hydraulisch
1994 (Pfeiler 4/5, Süd, 577 <sup>(2)</sup> / 566 <sup>(2)</sup> )	-	✓	✓	✓	✓	✓	elektrisch / hydraulisch
1997–2007	✓	✓	✓	✓	✓	✓	elektrisch / hydraulisch
seit 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	elektrisch

(1) 45° gegen die vertikale Richtung gedreht.

(2) Überwiegend ausgefallen, daher keine grafische Darstellung.

Die SMS wurden an ausgewählten Pfeilerlokationen im Baufeld an der Südflanke, überwiegend in Höhe einbindender Schweben, mit einem Spezialbeton, welcher vergleichbare mechanische Eigenschaften wie das umgebende Gebirge aufweist, installiert. Aufgrund der Anordnung von sechs richtungsunabhängigen Druckkissen – bei Instrumentierungen ab 1996 – kann aus sechs Druckmesswerten der Spannungstensor am Standort der jeweiligen SMS berechnet werden.

In 2015 erfolgte die Ersatzinstrumentierung von vier SMS. Davon wurden drei SMS im Pfeiler 5/6 in 513 m, 534 m und 555 m Teufe sowie eine SMS im nördlichen Bereich des Pfeilers 4/5 in 550 m Teufe eingebaut. Bei diesen SMS erfolgt ausschließlich eine elektrische Messwertabfrage. Die SMS zeigen inzwischen stabile und plausible Messergebnisse. Seit 2017 werden diese für die Bewertung der

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 16

Spannungssituation im Tragsystem genutzt. Exemplarisch wurden die Hauptspannungen ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) für die Station im Pfeiler 5/6 (513 m Teufe) berechnet und sind in Anhang 2.6 auf Blatt 219 dargestellt.

Aufgrund der inzwischen starken Entfestigung der Tragelemente und der verformungsbedingten Schäden an Teilen des Messsystems ist ein belastbarer Rückschluss von den Messwerten auf den wirkenden Spannungstensor derzeit nur eingeschränkt möglich. Daher erfolgt die Auswertung der erfassten richtungsorientierten Druckmesswerte in der Regel im Hinblick auf die wirkenden maximalen und minimalen Spannungen ( $\sigma_{\max}, \sigma_{\min}$ ) sowie die wirksamen Spannungsdifferenzen  $\Delta\sigma$  (vgl. Anhang 2.5 auf Blatt 210). Da der Einbau der SMS richtungsorientiert so erfolgt, dass drei der Druckkissen in der erwarteten Richtung der Hauptspannungen ausgerichtet sind, werden die Hauptspannungsbeträge in guter Näherung durch die Druckmesswerte dieser Sensoren direkt erfasst. Ein Beispiel zeigt die Zeitreihe Anhang 2.6 auf Blatt 218 mit den berechneten Hauptspannungen in Anhang 2.6 auf Blatt 219.

### 2.1.3 Durchführung der Messungen

Für die Abfrage der Spannungsmesswerte werden automatische Messwerterfassungsanlagen verwendet. Von der jeweiligen SMS wurden spezielle Messkabel zum Messwerterfassungsraum auf der 490-m-Sohle verlegt. Dort erfolgt die Datenerfassung auf Ringkernspeichern in den Messwerterfassungsanlagen. Diese Daten werden von einem übertägigem Server (in Gebäude 11) via dem lokalen Netzwerk über die Schächte 2 und 4 abgerufen, gespeichert und archiviert. Auf diesen Server können die Bearbeiter zur Datenbearbeitung und zur Steuerung der Messwerterfassung über ihren lokalen Rechner zugreifen. Im Rahmen eines routinemäßigen Betriebs erfolgen die Messungen täglich.

Eine Plausibilitätsprüfung der Rohdaten erfolgt in der Regel wöchentlich. Die Auswertung der Gebirgsspannungsmessungen erfolgt im Hinblick auf signifikante Veränderungen der Spannungssituation monatlich. Eine Dokumentation und Interpretation der Messergebnisse ist Bestandteil des vorliegenden Berichtes. Die Messergebnisse beruhen auf dem Datenstand bis zum 31.12.2020.

### 2.1.4 Darstellung der Messergebnisse

Ein Vergleich der aktuellen maximalen und minimalen gemessenen Spannungswerte mit den Messergebnissen des vorherigen Jahres zeigen keine wesentlichen Veränderungen der Spannungssituation. Die maximalen gemessenen Spannungswerte sind nahezu konstant. Bei den minimalen gemessenen Spannungswerten ist eine geringfügige Zunahme erkennbar (s. Anhänge 2.1 bis 2.5 (Blätter 206–211)).

Die im Jahr 2020 durchgeführten Stabilisierungsmaßnahmen im Baufeld an der Südflanke konzentrierten sich ausschließlich auf die Verfüllung von Abbaubegleitstrecken auf der 532- und 595-m-Sohle, d. h. außerhalb des Instrumentierungsbereiches der SMS.

Es werden ausgewählte Zeitreihen der Messwertdarstellungen in Anhang 2.6 (ab Blatt 212) gezeigt, welche zum besseren Verständnis der 3D Visualisierungen in Anhänge 2.1 bis 2.4 (Blätter 206–209) beitragen.

#### Baufeld an der Südflanke

In den Tragelementen des Baufeldes an der Südflanke sind SMS in den südlichen, mittleren und nördlichen Pfeilerbereich installiert.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 17

### **Pfeilermitte**

Aufgrund der langen offenen Standzeit der Abbaue hat sich die tragende Pfeilerfläche infolge Entfestigungserscheinungen stark verringert. Die in diesem Abschnitt präsentierten Ergebnisse zeigen hochbeanspruchte, aber noch tragende Pfeilerkerne.

Die 3D-Visualisierung der Maximalspannungen im Berichtszeitraum (s. Anhang 2.2 auf Blatt 207) zeigt, dass die in der Pfeilermitte instrumentierten SMS die größten Messwerte erfassen. Im Hauptpfeiler 4/5 (609 m Teufe) bis zu 33 MPa, im Pfeiler 2/3 (598 m Teufe) 25 MPa und ca. 20 MPa im Pfeiler 5/6 (654 m Teufe) sowie im Pfeiler 8/9 (514 m Teufe). Die Instrumentierung erfolgte in den Jahren 2000 bis 2007; nach fünf Jahren wurde der o. g. höchste Spannungsmesswert pro SMS erreicht. Im Jahr 2015 erfolgte in der Mitte der Pfeilerreihe 5/6 bei den Teufen 513 m, 534 m und 555 m eine Nachinstrumentierung. Die maximalen Messwerte liegen seit fünf Jahren konstant im Bereich von 13 MPa bis 16 MPa.

Die minimalen gemessenen Spannungen in der Pfeilermitte liegen zwischen 1 MPa bis 4 MPa. Dadurch ergeben sich hohe Spannungsdifferenzen, welche nahezu dem maximalen Spannungsmesswert<sup>2</sup> entsprechen. Somit schreitet der Entfestigungsprozess weiter fort.

Durchgeführte felsmechanische Untersuchungen im Gesteinslabor [10] an dem im Baufeld an der Südflanke anstehenden Steinsalz zeigen, dass das Material bei geringen Minimalspannungen (ca. 1 MPa) und einer Axialverformung von über 12% eine Spannungsdifferenz von ca. 12 MPa abtragen kann. Dieser Wert entspricht der Resttragfähigkeit, d. h. ein weiterer Anstieg der Maximalspannung ist nur in Verbindung mit steigenden Minimalspannungen zu erwarten.

Die Richtung der Maximalspannungen entspricht etwa der horizontal querschlägigen Komponente der SMS. Für den aus der Interaktion zwischen Baufeld und Deckgebirge resultierenden Lasteintrag in das Baufeld an der Südflanke ist diese Orientierung plausibel. Bei der SMS in der Mitte des Pfeilers 4/5 (609 m Teufe) ist die horizontal querschlägige Komponente im Jahr 2018 ausgefallen. Hier wird die zweitgrößte Komponente dargestellt (s. Anhang 2.5 auf Blatt 210). Aus dem Verlauf der Messkurve kann von einem unveränderten Spannungsniveau für die maximale Spannungskomponente ausgegangen werden (s. Anhang 2.6 auf Blatt 216).

### **Südlicher, nördlicher Pfeilerbereich und östlicher Baufeldrand**

Im südlichen und nördlichen Pfeilerbereich liegen die maximalen Spannungsmesswerte zwischen 4 MPa bis 12 MPa und die Minimalspannungen zwischen 0 MPa bis 4 MPa. Dadurch ergeben sich im Vergleich zur Pfeilermitte kleinere Spannungsdifferenzen. Gegenüber dem Jahr 2019 haben sich die Spannungsdifferenzen im südlichen und nördlichen Pfeilerbereich etwas verringert. Deutlich erkennbar in Anhang 2.4 auf Blatt 209 ist, dass im westlichen Teil des Baufeldes die minimalen Spannungswerte vergleichsweise niedrig sind. Dies ist auf die ausstehende Firstspaltverfüllung der Abbaureihen 2 bis 4 zurückzuführen.

Die Belastungssituation am östlichen Baufeldrand ist seit 2016 (Verfüllung Blindschacht 3) konstant. Die Maximalspannungen betragen ca. 11 MPa und die Minimalspannungen 4 MPa.

<sup>2</sup> Aus der Tensorberechnung ergeben sich teilweise noch niedrigere Werte.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 18

## Spannungssituation nördlich des Baufeldes an der Südflanke

Von gebirgsmechanischer Bedeutung, insbesondere für die Bewertung der Situation im Bereich der Wendelstrecke, ist die Ermittlung der Belastungssituation des Tragsystems nördlich der Südflanke. Dazu wurde im Liegenden der Pfeiler 3/4 und 4/5 in Höhe der 553- und 574-m-Sohle jeweils eine Spannungsmonitorstation instrumentiert. Die Wendelstrecke verläuft unterhalb der 532-m-Sohle überwiegend im Carnallitit. Die SMS sind jedoch generell im Steinsalz instrumentiert. Die Station im Liegenden des Pfeilers 3/4 (539 m Teufe) wurde in einem vom Carnallitit umgebenen Bereich im Steinsalz der Staßfurtfolge (Na2) instrumentiert (Entfernung zur Streckenkontur: ca. 40 m), während die SMS im Liegenden des Pfeilers 4/5 (577 m Teufe) im Leine-Steinsalz in unmittelbarer Nähe zur Faziesgrenze (Na3/K2C) in einer vertikalen Bohrung in ca. 25 m Tiefe eingebaut wurde. Der horizontale Abstand zum 20 m breiten Hauptpfeiler 4/5 beträgt ebenfalls 25 m.

Die Ergebnisse zeigen Maximalspannungen von 7 MPa bis 9,5 MPa und Spannungsdifferenzen von 3,1 MPa (im Liegenden des Pfeilers 4/5). Aufgrund der o. g. Instrumentierungsposition der SMS zum Hauptpfeiler 4/5 wird deutlich, dass dieser Last ins Liegende überträgt. Unter Berücksichtigung der geologischen Situation, d. h. die unmittelbare Nähe zum Carnallitit und dessen Eigenschaft, Spannungsdifferenzen durch erhöhte Kriechverformungen abzubauen, führt dies insbesondere im Bereich der noch offenen Strecken zu erhöhten Konturauflockerungen und entlang der geologischen Trennflächen zu Scherbeanspruchungen [11].

Im Jahr 2020 hat sich die Minimalspannung um 0,02 MPa auf 6,34 MPa erhöht (s. Anhänge 2.3 bis 2.5 (Blätter 208–211)).

### 2.1.5 Fazit

Die am höchsten beanspruchten Bereiche des Tragsystems haben sich in ihrer Lage wenig verändert (s. Anhang 2.2 auf Blatt 207). Die minimalen Spannungen sind überwiegend auf sehr geringem Niveau, was auf eine noch sehr geringe seitliche Stützwirkung schließen lässt. Bereiche, in denen bereits relevante minimale Spannungen erfasst werden, haben sich erwartungsgemäß im Berichtszeitraum in ihrer Lage kaum verändert (s. Anhang 2.4 auf Blatt 209).

Aufgrund der nahezu konstanten Maximalspannungen und marginalen Erhöhung der Minimalspannungen bleiben die Spannungsdifferenzen – nach wie vor – auf einem hohem Niveau. Somit setzen sich die Entfestigungsprozesse in den Pfeilern im Baufeld an der Südflanke weiter fort. Um diesem Schädigungsprozess entgegenzuwirken, ist die Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 2 bis 4 abzuschließen. Eine Erhöhung (zusätzlich zum Kompaktionsprozess des Versatzmaterials) der seitlichen Stützwirkung in streichender Richtung auf die geschädigten Pfeiler könnte durch weitere Nachverfüllungen an relevanten Lokationen ergänzt und bei Bedarf durch Versatzdruckinjektionen [12] erreicht werden.

Die im Carnallitit stehenden Streckenabschnitte, welche sich nördlich an das Leinsteinsalz-Baufeld an der Südflanke anschließen, zeigen im Vergleich zu Strecken im Leinsteinsalz erhöhte Auflockerungen, Rissbildungen an den Trennflächen und das Potential der Migration von Salzlösungen in tiefere Grubenbereiche. Die Ursache liegt darin, dass der Carnallitit nachgiebiger reagiert und den wirkenden Gebirgsspannungen früher als das Steinsalz mittels dilatantem Kriechen und damit verbundenden Auflockerungen ausweicht [11].

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 19
---	-----------

## 2.2 Messungen zum Verformungszustand und Deformationsverhalten

### 2.2.1 Höhenänderungen über Tage

Die Verformung der Grubenbaue im Grubengebäude der Schachanlage Asse II führen an der Tagesoberfläche zu Senkungen. Zur Überwachung dieser Senkungen werden daher seit 1967 die Höhenänderungen an derzeit 115 Messpunkten über eine Gesamtfläche von ca. 11 km<sup>2</sup> im Umkreis der Schachanlage jährlich gemessen. Das Messstellennetz wird kontinuierlich ausgebaut und erweitert. Die letzte Erweiterung im Jahr 2019 betrug ca. 6 km (14 %) in Linienlänge.

Die gemessenen Senkungen an der Tagesoberfläche bilden eine flache Senkungsmulde mit einer im Grundriss ovalen Form und einer Größe von ca. 3,75 km<sup>2</sup>, deren tiefster Punkt sich mit einer Senkung von ca. 42 cm seit 1982 etwa oberhalb des zentralen Bereiches des Baufeldes der Südflanke befindet. Dies deutet auf eine Beeinflussung der übertägigen Senkungen durch die im südlich vorgelegerten Deckgebirge vorhandenen Trennflächensysteme (Scherdeformationsbereich) hin [13]. Die untertägigen Volumenkonvergenzraten können auf Grundlage der Pfeilerstauchungs- und Abbaukonvergenzmessungen bilanziert werden (s. Abschnitt 2.2.4 und Abschnitt 2.2.6). Ein Vergleich zeigt, dass die Entwicklung der Senkungsraten mit zeitlicher Verzögerung mit der Entwicklung der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten/Abbaukonvergenzen im Baufeld an der Südflanke, und somit auch mit den untertägigen Volumenänderungen, korreliert. Die Ausprägung der Senkungsmulde zeigt in West-Ost Richtung einen gleichmäßigen Verlauf auf beiden Flanken. In Nord-Süd Richtung bildet die südliche Flanke einen deutlich steileren Verlauf aus als die nördliche Flanke, welches über die geologischen und bergbaulichen Gegebenheiten an der Nordflanke zu erklären ist. An den Ausläufern der Flanken können leichte Hebungen gemessen werden.

Bis zum Jahr 1987 lagen die Senkungsgeschwindigkeiten auf einem relativ geringen Niveau (ca. 1 mm/a bis 4 mm/a). In den Jahren 1987 bis 1990/1991 wurde ein signifikanter Anstieg der Senkungsgeschwindigkeiten auf bis zu 14 mm/a beobachtet. Diese Entwicklung fällt ungefähr mit dem starken Anstieg der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten ab Mitte der 1980er Jahre zusammen und erreichte ihr Maximum in der Zeit von 1990 bis 1991 (s. Abschnitt 2.2.4). Mit der Salzversatzeinbringung in die Abbaue des Grubengebäudes in der Zeit von 1995 bis 2003 ist ein Rückgang der Senkungsgeschwindigkeiten zu beobachten und seitdem liegen diese im langfristigen Trend auf einem vergleichbaren Niveau. Im Jahr 2020 liegen die maximalen Senkungsgeschwindigkeiten bei ca. 5 mm/a.

### 2.2.2 Lagemessungen unter Tage

Um die Verschiebungen im Grubengebäude zu beobachten, werden untertägige Lagemessungen tachymetrisch über 2 Einrechnungszüge und 16 offene Polygonzüge durchgeführt und einmal jährlich gemessen. Der Anschluss nach über Tage erfolgt über eine mechanische Schachtlotung im Schacht 2 in Verbindung mit Kreiselmessungen. Zur Bestimmung der Genauigkeit und als Anhaltspunkt für die Güte der untertägigen Lagemessungen werden zwei Einrechnungszüge betrachtet, die auf der 700-m-Sohle und durch die Wendelstrecken gemessen werden. Die Auswertung ergibt einen Winkelabschlussfehler von <0,01 gon und einen Koordinatenfehler von <15 mm.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Lagemessungen ein gebirgsmechanisch konsistentes Bild. Das generelle Bewegungsbild der Horizontalverschiebungen im Grubengebäude wird durch die Größe und Anordnung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke bestimmt. Die Messpunkte bewegen sich auf den zentralen Bereich aller Abbaue im Baufeld an der Südflanke zu. Für einzelne Bereiche ergeben sich folgende Verschiebungsrichtungen:

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 20
---	-----------

- Die Messpunkte in den Strecken nördlich der Abbaue des Baufeldes an der Südflanke (490-m- bis zur 725-m-Sohle) bewegen sich in süd- bis südöstlicher Richtung auf das Zentrum der Abbaue zu.
- Die noch zur Verfügung stehenden Messpunkte am Südstoß auf der 490-m-Sohle und im Abbau 2/511 zeigen Verschiebungsrichtungen nach Norden bis Nordosten. Auch diese Verschiebungen weisen in Richtung des Zentrums der Abbaue des Baufeldes an der Südflanke.
- Die Messpunkte in der Einlagerungskammer 7/725 (Na2) befinden sich analog zu den Strecken nördlich zum Baufeld an der Südflanke. Der allgemeinen Verschiebung in Richtung des Zentrums der Abbaue der Südflanke folgend werden hier Verschiebungen in süd- bis südöstlicher Richtung gemessen.
- Aufgrund des hohen Durchbauungsgrades mit drei Baufeldern (Südflanke, Sattelkern und Carnallit) und der anderen Verformungseigenschaften des Carnallit im Vergleich zu den Baufeldern im Steinsalz kommt es auf der 750-m-Sohle in Abhängigkeit von der lokalen Situation zu unterschiedlichen Tendenzen:
  - Im Hauptquerschlag nach Süden und der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen zeigt sich der Einfluss der großen Abbaue des Sattelkerns, und die Messpunkte zeigen eine Bewegung nach Nordosten auf.
  - Die Lageverschiebung in der nördlichen Richtstrecke nach Westen, im Füllortbereich sowie in der nördlichen Richtstrecke nach Osten ist vom Carnallitbau Feld bestimmt. Hier zeigen die Verschiebungen nach Osten.
- In der Wendelstrecke bleibt der generelle Trend der Verschiebungen erhalten. Die Punkte bewegen sich auf das Zentrum der Abbaue des Baufeldes der Südflanke zu.

### 2.2.3 Höhenänderungen unter Tage

Die Höhenänderungen im gesamten Grubengebäude werden einmal jährlich an installierten Polygon- und Konvergenzmesspunkten in Verbindung mit den Lagemessungen messtechnisch erfasst. Die Ergebnisse für das Jahr 2020 stellen sich wie folgt dar.

Insgesamt ergibt sich ein eindeutiges Bild der Höhenänderungen im gesamten Grubengebäude, welches, wie auch die Horizontalverschiebungen, auf das Zentrum des Baufeldes an der Südflanke zeigt. Von der 490-m- bis oberhalb der 637-m-Sohle können Senkungen beobachtet werden, die mit zunehmender Teufe leicht zunehmen. Ab der 637-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle werden Hebungen gemessen. Dabei nehmen die Hebungen bis zur 750-m-Sohle zu. Insgesamt liegen die Höhenänderungen im Jahr 2020 auf einem vergleichbaren Niveau wie in den Jahren davor.

Im Rahmen der folgenden Monitoringprogramme werden lokale Firstnivellements durchgeführt, um ungleichmäßige, kleinräumige Absenkungen bzw. Auflockerungen von Firstbereichen erkennen zu können. Die Ergebnisse werden in den angegebenen Abschnitten beschrieben:

- Infrastrukturräume auf der 490-m-Sohle und Abbau 2/511 (s. Abschnitt 4.1 auf Blatt 58),
- Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.6 auf Blatt 134) und
- nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.7 auf Blatt 145)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 21
---	-----------

## 2.2.4 Querschlägige Extensometermessungen im Baufeld an der Südflanke

Zur Erfassung der gebirgsmechanischen Reaktionen im Tragsystem des Grubengebäudes wurden, beginnend im Jahre 1981, in den Pfeilern der Südflanke horizontale Extensometer installiert, die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt die querschlägigen Stauchungen der Pfeiler zweimal täglich messtechnisch mittels automatisch messender Wegaufnehmer erfassen. Zusätzlich werden die noch zugänglichen Extensometer monatlich mittels Handmessungen gemessen. Die Extensometer messen vom Grundprinzip her Relativverschiebungen in horizontal-querschlägiger Richtung, d. h. sie erfassen überwiegend die horizontalen Pfeilerstauchungen in ca. Nord-Süd-Richtung.

Im Jahr 2020 besteht das Messstellennetz aus insgesamt 25 Extensometern. Die aktuellen Pfeilerstauchungsraten werden wie im Vorjahr durch die jeweilige Lage des Pfeilers und somit der Messstelle im Baufeld an der Südflanke bestimmt. Erwartungsgemäß werden höhere Pfeilerstauchungsraten im Baufeldzentrum (26 mm/a bis 68 mm/a) verzeichnet, und die Baufeldrandbereiche zeichnen sich eher durch niedrigere Pfeilerstauchungsraten (1 mm/a bis 42 mm/a) aus. Aus der zeitlichen Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten lässt sich ableiten, dass die gegenwärtig ermittelten Pfeilerstauchungsraten auf einem vergleichbaren Niveau wie vor der Registrierung der Schwebenbrüche und des Lösungszutritts Mitte der 1980er Jahre liegen (s. Anhang 3.1 auf Blatt 232).

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2020 zeigen, dass sich die Pfeilerstauchungsraten im Jahresverlauf unterschiedlich verhalten haben (vgl. Anhang 3.1 (Blätter 224–231) und Anhang 3.1 (Blätter 239–240)). Zu Beginn des Jahres wurde an allen Extensometern ein Anstieg der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten registriert. Dieser Anstieg setzte sich ungefähr bis Mitte des Jahres fort, ehe es wieder zu einer degressiven Entwicklung kam. Für das gesamte Jahr 2020 können an den Extensometern sowohl Anstiege als auch Rückgänge der Pfeilerstauchungsraten ermittelt werden (s. Anhang 3.1 auf Blatt 233).

Aus den Ergebnissen der Extensometermessungen und der daraus berechneten querschlägigen Pfeilerstauchungsraten lassen sich interpolierte Isolinien gleicher querschlägiger Pfeilerstauchungsraten über das gesamte Baufeld der Südflanke konstruieren (s. Anhang 3.1 auf Blatt 234 bis Blatt 237). Aus diesen Darstellungen sind zeitliche und lokale Unterschiede in den Pfeilerstauchungen, insbesondere in den Bereichen maximaler Pfeilerstauchungen, ersichtlich.

Zu Beginn der 1990er Jahre betragen die maximalen querschlägigen Pfeilerstauchungsraten im Westflügel bis zu 148 mm/a und im Ostflügel bis zu 190 mm/a mit einer Tendenz zu weiter steigenden Stauchungsraten (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 234) [14]. Ab Mitte der 1990er Jahre führte die Verfüllung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke und der damit verbundenen Auffahrung der Abbaubegleitstrecken und der Feuchteintrag zu stark schwankenden Werten, welche insgesamt auf dem sehr hohen Niveau verblieben. Erst seit dem Jahr 2000 setzte dann eine durchgängig degressive Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten ein (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 235 mit Anhang 3.1 auf Blatt 236). Nach Abschluss der Versatzeinbringung Ende 2003/Anfang 2004 kam es zu einer Konsolidierung des Versatzes unter seinem Eigengewicht und damit zur Ausbildung von Firstspalten. Um den Stabilisierungsprozess zu unterstützen, wurde daher eine Firstspaltverfüllung mit Sorelbeton vorbereitet. Zu Beginn der Firstspaltverfüllung Ende 2009 betrug die maximale Pfeilerstauchungsrate im Ostflügel im Pfeiler 6/7 auf der 553-m-Sohle 120 mm/a (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 236). Die maximale Pfeilerstauchungsrate im Westflügel wurde im Jahr 2009 in Höhe Pfeiler 3/4, ebenfalls auf der 553-m-Sohle, mit ca. 101 mm/a erfasst. Beide Maxima waren durch den Hauptpfeiler 4/5 getrennt.

Nach Abschluss der Firstspaltverfüllung in mehr als 2/3 der Abbaue lagen 2018 die Pfeilerstauchungsraten mit ca. 20 mm/a bis 80 mm/a auf einem vergleichbaren Niveau zu denen, die vor der Feststellung von Schwebendurchbrüchen und des Lösungszutritts ins Grubengebäude erfasst wurden (vgl. Anhang 3.1

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 22

auf Blatt 232 und Anhang 3.1 auf Blatt 237). Im Ostflügel betragen die maximalen Pfeilerstauchungsraten im Jahr 2020 65 mm/a bis 68 mm/a, im Bereich des Pfeilers 7/8 (595-m-Sohle) sowie im Bereich des Pfeilers 6/7 (532-m-Sohle). Im Westflügel werden im Pfeiler 3/4 maximale Pfeilerstauchungsraten von 67 mm/a im Bereich der Abbaue 3 und 4 auf der 553-m-Sohle erfasst, welche noch nicht mit Sorelbeton nachverfüllt sind (Firstspaltverfüllung). Wie schon aus den Zeitreihen der Entwicklung der querschlägigen Stauchungsraten zu erkennen ist, ist in den aktuellen Pfeilerstauchungsraten für das Jahr 2020 ein degressiver und ansteigender Trend zu erkennen (s. Anhang 3.1 auf Blatt 237). Insgesamt liegen die Pfeilerstauchungsraten aufgrund des flächendeckenden und temporären Anstieges zu Beginn des Jahres auf einem vergleichbaren Niveau wie 2019.

In der Tabelle 2.2 auf Blatt 22 sind die Maxima der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten im Ost- und Westflügel des Baufeldes an der Südflanke in den jeweiligen Zeiträumen gegenübergestellt. Daraus lässt sich ersehen, dass in den Jahren 2010 bis 2016 die Differenzen in den Pfeilerstauchungsraten zwischen West- und Ostflügel konstant geblieben sind und sich gleichförmig degressiv verhalten haben. Im Jahr 2017 haben sich die Unterschiede erstmals verringert und für das Jahr 2018 nicht verändert. Im Jahr 2020 beträgt der Unterschied erstmals nur noch ca. 1 mm/a. Die höheren Pfeilerstauchungsraten im Ostflügel zwischen 1990 und 2009 sind auf dessen größere Spannweite (fünf vollständig aufgefahrene Abbaureihen ab der 511-m-Sohle) und einen größeren Durchbauungsgrad (Nebenabbaue nördlich der Südflanke) zurückzuführen.

Tabelle 2.2: Zeitliche Entwicklung der Maxima der Pfeilerstauchungsraten

Zeitraum	Westflügel [mm/a]	Ostflügel [mm/a]
02/1989–02/1990	148	190
02/2000–02/2001	159 <sup>(1)</sup>	180
08/2008–08/2009	101	120
01/2010–01/2014	90	94
01/2015–01/2016	75	79
01/2016–01/2017	72	76
01/2017–01/2018	70	73
01/2018–01/2019	69	72
01/2019–01/2020	66	68
01/2020–01/2021	67	68

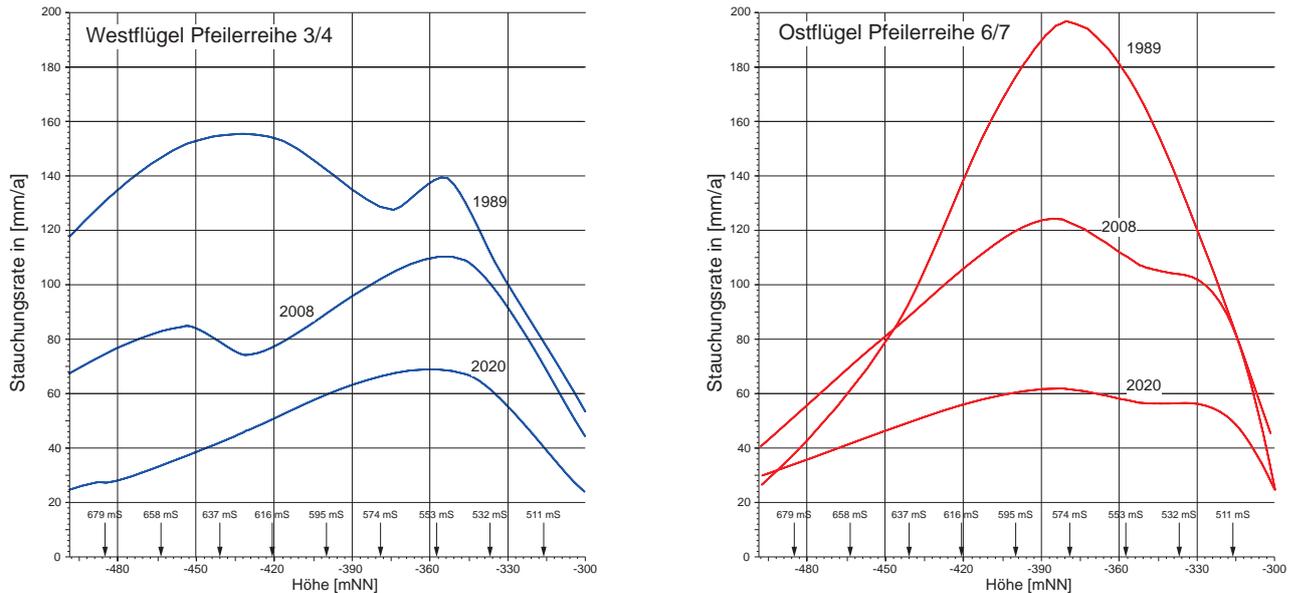
<sup>(1)</sup> Neuinstrumentierung im Pfeiler 3/4 (553-m-Sohle)

Vom oberen Baufeldrandbereich – von der 511- bis zur 532-m-Sohle, insbesondere im Bereich der Verformungsmaxima – zum Baufeldzentrum wird weiterhin ein hoher räumlicher Stauchungsgradient (Scherdeformation) ausgewiesen, der im Übergangsbereich zum Unverritzten auf eine starke Beanspruchung der Deckgebirgsschichten hinweist und das Risiko von zunehmenden Schädigungen im Bereich der Abbaukante in sich birgt. Dennoch hat sich seit Beginn der Firstspaltverfüllung der Gradient deutlich verringert. Dafür werden die jährlichen Pfeilerstauchungsraten der Pfeilerreihen über die Teufenlage für drei unterschiedliche Zeiträume grafisch dargestellt. In Abbildung 2.1 auf Blatt 23 ist diese Entwicklung für die Pfeilerreihe 3/4 (Westflügel) und 5/6 (Ostflügel) dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass im West- und Ostflügel vor der Firstspaltverfüllung im Jahr 2008 noch ein Gradient von ca. 50 mm/a bis 95 mm/a über ca. 50 m Teufe im Westflügel und ca. 80 m Teufe im Ostflügel zu beobachten war. Im Jahr 2020 ist dieser Gradient deutlich reduziert (ca. 40 mm/a) und es kann eine

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse
Blatt: 23

stetige Harmonisierung der Pfeilerstauchungsraten in Abhängigkeit zur Teufenlage beobachtet werden. Dabei hat der Gradient im östlichen Baufeld mit ca. 40 mm/a über ca. 30 m Teufe, auch aufgrund der bereits abgeschlossenen Firstspaltverfüllung in diesem Bereich, deutlich mehr abgenommen als im Westflügel. Weiterhin ist im Westflügel eine Verlagerung des Maximums zu erkennen. Im Jahr 1989 lag das Pfeilerstauchungsmaximum im Bereich der 637-m-Sohle mit einem räumlich engeren Maximum im Bereich der 553-m-Sohle. Im Jahr 2020 hat sich das Maximum in den oberen Bereich des Grubengebäudes verlagert (553-m-Sohle) und ist auf der 637-m-Sohle nicht mehr beobachtbar.



(a) Westflügel (Pfeilerreihe 3/4)

(b) Ostflügel (Pfeilerreihe 5/6)

Abbildung 2.1: Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten über die Teufenlage im Bereich der Verformungsmaxima für die Jahre 1989, 2008 und 2020

Aus den langjährigen Extensometermessreihen lassen sich die horizontalen Gesamtverschiebungen an den Bohrloch tiefsten Anker in Süd-Nord-Richtung des Baufelds an der Südflanke ableiten. Dazu werden neben den derzeit 25 aktiven Extensometermessstellen auch die 15 bereits deaktivierten Extensometer berücksichtigt. Das Extensometer auf der 679-m-Sohle wird aufgrund der kurzen Messzeit derzeit noch nicht berücksichtigt. Das Extensometer in der Pfeilerreihe 3/4 auf der 658-m-Sohle zeigt im Vergleich zu den umliegenden Messstellen deutlich geringere Pfeilerstauchungsraten und wurde deshalb nicht in die Auswertung mit einbezogen (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 237). Das Extensometer westlich des Abbaus 2 auf der 532-m-Sohle befindet sich außerhalb des Abbau-Pfeiler-Systems am nordwestlichen Baufeldrand. Hier werden geringere Stauchungsraten ermittelt (s. Anhang 3.1 auf Blatt 224). Daraus ergibt sich eine Gesamtstauchung von ca. 40 mm seit Ende der Auffahrung des Abbaus 2/532. Dieses Ergebnis zeigt, dass auch in Ost-West-Richtung ein Deformationsgradient zwischen dem Baufeldrand und dem zentralen Baufeld existiert. Die Ermittlung der horizontalen Gesamtstauchung soll jedoch vorwiegend die Stauchung der Pfeiler über die Jahre dokumentieren und deshalb wird die Messstelle westlich des Abbaus 2 auf der 532-m-Sohle nicht in der Gesamtverschiebung dargestellt. Wurde an einer Lokation (Pfeiler und Sohle) aufgrund von messtechnischen Ausfällen oder Neuinstrumentierungen die Stauchung durch mehrere Extensometermessstellen ermittelt, so wird die Gesamtverschiebung an dieser Lokation integral aus allen zur Verfügung stehenden Messreihen bestimmt. Somit kann mit weiteren markscheiderischen Messwerten bzw. durch Extrapolation der Messreihen eine Gesamtverschiebung vom Zeitpunkt des Endes der Auffahrung (abhängig vom Ende der Auffahrungen in den jeweiligen Abbauen) bis zum jetzigen Zeitpunkt berechnet werden. Die Ergebnisse sind in einer Isolinien-darstellung gleicher Stauchungen in Anhang 3.1 auf Blatt 238

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 24
---	-----------

dargestellt. Im Ostflügel kann eine horizontale Pfeilerstauchung von maximal ca. –7 m ermittelt werden. Die horizontale Gesamtstauchung im Westflügel liegt bei ca. –6 m. Im Bereich des Hauptpfeilers 4/5 ist die Gesamtstauchung mit maximal ca. –4 m etwas geringer als im West- bzw. Ostflügel. Auch ist der Stauchungsgradient zwischen Baufeldzentrum und Baufeldrand deutlich zu erkennen. In den Abbaureihen 1 und 9 sowie an den Baufeldrändern der 490/511-m-Sohle und der 700-m-Sohle sind die Gesamtstauchungen mit ca. –2 m bis –4 m geringer.

Ende der 1990er Jahre wurde eine Vielzahl der Abbaue markscheiderisch neu vermessen. Dabei wurde festgestellt, dass sich die südliche Abbaukante nach Norden verschoben hat. Die damaligen Vermessungen passen zu den berechneten und in Anhang 3.1 auf Blatt 238 dargestellten Stauchungen. Die Ergebnisse verdeutlichen den hohen Lasteintrag aus südlicher Richtung auf das Baufeld an der Südflanke und die daraus resultierende Verschiebung der südlichen Abbaukante Richtung Norden.

Die in den vorherigen Abschnitten dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Pfeiler des Grubengebäudes der Schachanlage Asse II einer hohen Belastung aus südlicher Richtung ausgesetzt sind. Die dargestellten Ergebnisse umfassen die aufgezeichnete Verschiebung im Bohrlochtieftsten im Verhältnis zum Kopfpunkt der Extensometer. Wie aus den Inklinometermessungen in den horizontalen Bohrungen der Pfeiler hervorgeht, ist zusätzlich zu der horizontalen Verschiebung eine Vertikalverschiebung in den Pfeilern zu beobachten (s. Abschnitt 2.2.5). Zusätzlich zeigen die Lagemessungen der Extensometerköpfe eine Verschiebung auf die südliche Abbaukante in süd-südöstliche Richtung zu. Um eine präzise Auswertung der Verschiebungen in den Pfeilern zu treffen, werden die Ergebnisse der Extensometer- und Inklinometermessungen sowie der Lage- und Höhenmessungen zusammengefasst und auf die Anker angewendet. Für diesen Bericht wurde dies in erster Annäherung für die Anker im Bohrlochtieftsten an 9 Extensometermessstellen für den Zeitraum 2001 bis 2019 durchgeführt. Die Auswertung ergibt eine Verschiebung der Anker um ca. 28 gon in Richtung Nordnordost bei einer Neigung von ca. –29°. Es ist weiterführend geplant, diese Auswertung, sofern alle Daten zu Verfügung stehen, auf alle Anker der Extensometer auszuweiten und somit ein genaueres Bild über die Verschiebungsvektoren in den Pfeilern zu bekommen.

### 2.2.5 Visuelle Inspektion und Messungen in den Inklinometerbohrungen

Zur Erfassung von Verschiebungen senkrecht zur Bohrlochachse und visueller Schädigung werden an exemplarischen Stellen in den Pfeilern im Baufeld an der Südflanke in unverrohrten Bohrungen Inklinometermessungen kombiniert mit Kamerabefahrungen in den Bohrungen durchgeführt.

Im Jahr 2020 bestand das Messstellennetz aus 13 Bohrungen (s. Anhang 1.1 auf Blatt 201) von denen 2020 aufgrund der zunehmenden Verformung (Konvergenz) und/oder Schädigung (Abschalungen) drei nur eingeschränkt befahrbar waren. Es wird empfohlen, das Messstellennetz aufgrund der hohen Verformungsprozesse durch die teilweise lange offene Standzeit der Bohrung und des teilweise hohen Schädigungsgrads weiterhin zu pflegen und zu erweitern. Die Kamerabefahrung der Bohrlöcher erfolgt so, dass sich die Sohle unten befindet.

Die Ergebnisse aus den visuellen Beobachtungen weisen auf starke Entfestigungen und Verformung der Pfeiler hin. Für die einzelnen Pfeilerreihen lassen sie sich wie folgt zusammenfassen:

**Pfeilerreihe 2/3:** Die sehr starke gebirgsmechanische Beanspruchung der Pfeilerreihe 2/3 kann anhand der beginnenden elliptischen Verformung und Ausbrüche in den Bohrungen auf der 532-m-Sohle (s. Anhang 3.2, Bild 1 auf Blatt 241) und auf der 658-m-Sohle (s. Anhang 3.2, Bild 2 auf Blatt 241) sowie der vermehrten Rissbildung in der bereits abgeworfenen Bohrung auf der 574-m-Sohle belegt werden. Zusätzlich

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 25

deuten Ausblühungen und dunkle Flecken an den Bohrlochkonturen auf eine leichte Durchfeuchtung hin.

- Pfeilerreihe 3/4:** In der Bohrung auf der 553-m-Sohle werden seit dem Jahr 2017 auf den ersten Metern Hinweise auf Feuchtigkeit durch die Dunkelfärbung der Bohrlochkontur und Ausblühungen beobachtet (s. Anhang 3.2, Bild 3 auf Blatt 241). Die Feuchtigkeit tritt allerdings nur im Übergang Steinsalz/Carnallit im Pfeiler zwischen der Wendelstrecke und der Abbaubegleitstrecke auf. Der weitere Bohrlochverlauf im Steinsalz ist trocken. Im weiteren Bohrlochbereich werden beanspruchte Bereiche (keine offenen Risse) und elliptische Bohrlochkonturen (s. Anhang 3.2, Bild 4 auf Blatt 241) detektiert. Die im Jahr 2019 erstellte Bohrung im Pfeiler 3/4 auf der 679-m-Sohle zeigt stehende Lauge auf der Sohle und teilweise schon Ausbrüche und Risse in der Firse (s. Anhang 3.2, Bilder 5 bis 6, auf Blatt 241).
- Pfeilerreihe 4/5:** Die Inspektion der Bohrung im betonierten Querschlag zum Blindschacht 2 auf der 553-m-Sohle zeigt Risse in den Abschnitten 17 m bis 19 m und von 30 m bis 45 m (s. Anhang 3.2, Bild 7 auf Blatt 242). Auf der 637-m-Sohle im ebenfalls betonierten Querschlag werden beanspruchte Bereiche (keine offenen Risse) festgestellt. Im Bohrlochabschnitt bei ca. 36 m wurde Feuchtigkeit in Form von Ausblühungen detektiert (s. Anhang 3.2, Bild 8 auf Blatt 242). Bei ca. 46 m Bohrlochteufe erfolgt der kraftschlüssige Übergang vom Sorelbeton zum Steinsalz, und eine beginnende elliptische Verformung des Bohrlochs ist erkennbar.
- Pfeilerreihe 5/6:** In der Bohrung auf der 616-m-Sohle werden bei 44 m Bohrlochtiefe Ausblühungen und Feuchtigkeit detektiert. Ansonsten sind nur leichte Verformungen in dem Bohrloch zu erkennen.
- Pfeilerreihe 6/7:** Auf der 574-m-Sohle werden im Bohrlochabschnitt von 25 m bis 27 m und bei 46 m Konturausbrüche und beanspruchte Bereiche festgestellt (s. Anhang 3.2, Bild 9 auf Blatt 242). In der im Jahr 2013 neu erstellten Bohrung auf der 637-m-Sohle zeigen die Inspektionsergebnisse keine gebirgsmechanisch relevante Schädigung. Auf der 700-m-Sohle (Pfeiler 12/13) werden Ausbrüche in der westlichen und östlichen Bohrlochwand in einer Bohrlochtiefe bis ca. 44 m beobachtet (s. Anhang 3.2, Bild 10 auf Blatt 242). Im hinteren Bohrlochbereich zeigt sich eine elliptische Verformung des Bohrloches. Zusätzlich ist in der Bohrung auf der 532-m-Sohle in einer Bohrlochteufe von ca. 10 m in einem kleinen Bereich Feuchtigkeit in Form von Ausblühungen zu erkennen und das Bohrloch ist ab ca. 33 m stark deformiert.
- Pfeilerreihe 7/8:** Die im Jahr 2014 neu erstellte Bohrung auf der 595-m-Sohle zeigt in den Bohrlochabschnitten bei 21 m und von 26 m bis 30 m zahlreiche Rissbildungen und Konturausbrüche entlang der Bohrlochachse (s. Anhang 3.2, Bilder 11 bis 12, auf Blatt 242).
- Pfeilerreihe 8/9:** Im Jahr 2014 wurde eine neue Bohrung von der 595-m-Sohle erstellt. Die Inspektionsergebnisse aus 2019 zeigen keine gebirgsmechanisch relevanten Schädigungen oder Feuchtigkeit.

Die Ergebnisse aus den Inklinometermessungen zeigen Vertikalverschiebungen in Form von teilweise leichten Hebungen bis Senkungen in den vorderen Bereichen der Bohrlöcher sowie bis zum Bohrlochtiefsten überwiegend Senkungen. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2020 zeigen sich wie folgt:

Auf der 532- und der 658-m-Sohle werden die Messungen in der Pfeilerreihe 2/3 durchgeführt. Auf der 532-m-Sohle treten im vorderen Bereich der Bohrung bis ca. 26 m Bohrlochteufe unstete Hebungen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 26
---	-----------

und Senkungen auf. Ab 26 m werden Senkungen bis hin zu ca. 510 mm im Bohrloch tiefsten gemessen. Die Senkungsraten in diesem Bereich betragen im Jahr 2020 ca. 16 mm/a. Auf der 658-m-Sohle ist das Bohrloch im Jahr 2020 nur noch bis zu einer Teufe von ca. 14 m befahrbar. Im vorderen Bereich des Bohrloches zeigen sich leichte Senkungen, die ab ca. 10 m steil auf bis zu 380 mm abfallen. Hier ist ein Einfluss des nördlichen Durchhiebes zwischen Abbau 2/658 und 3/658 zu erkennen. Die Senkungsraten im Jahr 2020 betragen ca. 13 mm/a bis 18 mm/a.

In der Pfeilerreihe 3/4 konnte im Jahr 2020 nur die Bohrung auf der 679-m-Sohle messtechnisch erfasst werden. Hier liegen die Senkungen bei maximal 114 mm in einer Bohrlochteufe von ca. 37 m. Die Senkungsraten betragen im Jahr 2020 an gleicher Stelle ca. 16 mm/a.

In der Pfeilerreihe 4/5 können die Bohrungen auf der 553- und der 637-m-Sohle ausgewertet werden. Auf der 553-m-Sohle können bis ca. 10 m leichte Hebungen und Senkungen beobachtet werden. Im weiteren Verlauf der Bohrung nehmen die Senkungen auf 180 mm zu. Die Senkungsraten betragen im Jahr 2020 ca. 31 mm/a bis 38 mm/a. Auf der 637-m-Sohle senkt sich die Bohrung im vorderen Bereich bis 11 m zwischen 1 mm und 5 mm. Im weiteren Verlauf bis zum Bohrloch tiefsten nehmen die Senkungen auf ca. 181 mm zu. Die maximalen Senkungsraten wurde mit ca. 13 mm/a ab einer Bohrlochteufe von 44 m gemessen. Dies bleibt bis zum Ende der Bohrung hin auf einem Niveau.

In der Pfeilerreihe 6/7 werden Inklinometermessungen in drei Bohrungen auf der 574-, der 637- und der 700-m-Sohle durchgeführt. Auf den oberen Sohlen treten im vorderen Bereich der Bohrlöcher leichte Hebungen auf, die ab ca. 9 m in Senkungen übergehen. Auf der 700-m-Sohle sind bereits im vorderen Teil der Bohrung Senkungen zu registrieren. Die maximale Senkung wurde aufgrund des langen Messzeitraumes mit ca. 750 mm bis 820 mm auf der 700-m-Sohle erfasst. Die Senkungsraten in der Pfeilerreihe 6/7 liegen bei ca. 25 mm/a bis 55 mm/a.

Auf der 595-m-Sohle wurde in einer Inklinometerbohrung in der Pfeilerreihe 7/8 gemessen. Im vorderen Bereich zeigt das Bohrloch leichte Hebungen, die ab ca. 17 m Bohrlochteufe in Senkungen von bis zu ca. 100 mm übergehen. Die Senkungsraten im Jahr 2020 betragen im vorderen Bereich ca. 1 mm/a bis 14 mm/a und im hinteren Bereich 42 mm/a.

Ebenfalls auf der 595-m-Sohle wurde in einer Inklinometerbohrung in der Pfeilerreihe 8/9 gemessen werden. Hier werden im vorderen Bereich leichte Hebungen erfasst, die ab ca. 11 m in Senkungen übergehen und bis zum Bohrloch tiefsten auf ca. 109 mm ansteigen. Die Senkungsraten im Jahr 2020 betragen 17 mm/a bis 24 mm/a.

Die visuellen und messtechnischen Ergebnisse aus den Inklinometerbohrungen verdeutlichen die hohe Belastungs- und Verformungssituation in den Pfeilern. Insgesamt kann über die Inklinometermessungen eine vertikale Verschiebungskomponente in Form von Senkungen in den Pfeilern belegt werden, die mit zunehmender Teufe (geringerem Abstand zum Deckgebirge) zunehmen. Im Westflügel betragen die Senkungsraten ungefähr 20 mm/a, wobei im Ostflügel die Senkungsraten mit ungefähr 30 mm/a höher ausfallen. Dabei liegen die im Jahr 2020 gemessenen Senkungsraten auf einem mittleren Niveau und zeigen einen degressiven Trend im Vergleich zu den Vorjahren. Vor ca. 5 Jahren betragen die Senkungsraten noch 50 mm/a bis 100 mm/a.

### 2.2.6 Konvergenzmessungen

Im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II werden seit 1991 in ausgewählten Strecken (z. B. Wendelstrecke und Abbaubegleitstrecken) Konvergenzmessungen an Konvergenzmessquerschnitten durchgeführt. Diese dienen zur Erfassung der gebirgsmechanischen Beanspruchung, zur Bilanzierung der verbleibenden Hohlräume, zur Planung von Abdichtbauwerken sowie zu gebirgsmechanischen Modellrechnungen und Modellrechnungen zur Schadstoffausbreitung. Die Konvergenzmessungen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 27

werden durch Längenänderungsmessungen in querschlägiger, streichender und vertikaler Richtung in ausgewählten Abbauen und Infrastrukturräumen ergänzt. Die aus den Messungen berechneten Konvergenz- und Verformungsraten dienen in Verbindung mit weiteren geotechnischen Messungen der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Infrastrukturräumen, Streckenbereichen sowie weiterer Grubenräume und werden im Rahmen der Überwachung der Monitoringbereiche durchgeführt (s. Kapitel 4 auf Blatt 58).

Für das Jahr 2020 sind folgende Änderungen im Konvergenz-Messstellennetz zu betrachten (s. Anhang 1.1 auf Blatt 201):

- Neuinstrumentierung
  - Im Abbau 4/490 auf der 490-m-Sohle wurden nach der Errichtung des Strahlenschutzbereiches ein neuer Messpunkt erstellt.
  - Im Bereich der Baustoffanlage auf der 490-m-Sohle.
  - Im Bereich der Kfz-Werkstatt auf der 490-m-Sohle.
  - In der Wendelstrecke im Bereich Abbau 3/679 als Ersatz.
  - Am Bohrort zur Erkundung von Schacht 5 auf der 700-m-Sohle wurde ein Messquerschnitt verlegt.
- Wegfall
  - In der Wendelstrecke im Bereich Abbau 3/679 aufgrund der Erstellung einer Stützmauer.
  - Am Bohrort zur Erkundung von Schacht 5 auf der 700-m-Sohle.
  - Im Bereich der nördlichen Richtstrecke auf der 750-m-Sohle aufgrund von Stabilisierungsmaßnahmen.

Die Messergebnisse für das Jahr 2020 zeigen sich wie folgt:

### Streckenkonvergenzen

Für die charakteristischen Bereiche im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II

- Südflanke Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle),
- Südflanke Söhlige Strecken (490- bis 725-m-Sohle),
- Satteln Kern Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle),
- Satteln Kern Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle) und
- Südflanke Streckensystem (750-m-Sohle)

sind die Messergebnisse in Tabelle 2.3 auf Blatt 30 und Tabelle 2.4 auf Blatt 31 zusammengestellt. Die gemessenen Konvergenzen sind wesentlich geprägt durch die Lage der Messstellen im Grubengebäude (Teufenlage, gebirgsmechanische Beeinflussung durch ihre Lokalisation auf der jeweiligen Sohle, Geologie im Umfeld sowie mögliche Durchfeuchtung des Gebirges). Die höchsten Verformungsraten werden i. d. R. im Carnallitit gemessen. Zudem werden im Durchschnitt in vertikaler Richtung etwas größere Konvergenzen als in horizontaler Richtung erfasst.

Insgesamt sind im Vergleich zum Vorjahr in den Strecken keine auffälligen Veränderungen in den Konvergenz- und Verformungsraten zu beobachten. Im Jahr 2020 werden die höchsten Konvergenz- (ca. 19 mm/a) und Verformungsraten (ca. 4,7%/a) in der Wetterstrecke zum Schacht 2 sowie in der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau und im Querschlag zum Blindschacht 3 auf der 700-m-Sohle registriert. Wie auch schon im Jahr 2019 werden in den folgenden Bereichen im Grubengebäude hohe Konvergenz- und Verformungsraten ermittelt:

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 28

- In der im Carnallitit stehenden Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf der 700-m-Sohle (Konvergenzraten von 8 mm/a bis 10 mm/a horizontal und 9 mm/a bis 19 mm/a vertikal; Verformungsrate von 1,2‰/a bis 1,7‰/a horizontal und 2,0‰/a bis 4,6‰/a vertikal, vgl. Abschnitt 4.4 auf Blatt 96).
- In der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbaustrecke) sowie auf den sich anschließenden Querschlägen auf der 725-m-Sohle wurden Konvergenzraten von 8 bis 11 mm/a (horizontal) und 6 mm/a (vertikal) sowie Verformungsraten von 1,0‰/a bis 2,0‰/a (horizontal) und 1,3‰/a (vertikal) bestimmt. Weitere Ausführungen stehen in dem entsprechenden Abschnitt des Monitorings (vgl. Abschnitt 4.5 auf Blatt 119).
- Füllort Schacht 2 und Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (Konvergenzraten von –3 mm/a bis 15 mm/a horizontal und 1 mm/a bis 9 mm/a vertikal; Verformungsrate von –0,7‰/a bis 2,5‰/a horizontal und 0,2‰/a bis 2,8‰/a vertikal, vgl. Abschnitt 4.6 auf Blatt 134). Für das Jahr 2020 ist ein deutlicher Rückgang der Konvergenzraten für den östlichen Zugangsbereich des Schachtes 2 zu beobachten.

Durch die unterschiedlichen Lokationen der Messstellen (Querschnitt, Kontur, Geologie) und Dauer der offenen Standzeit der Strecken lassen sich Unterschiede in den Konvergenzraten beobachten. Die Messstellen, die im direkten Einflussbereich eines Abbaues liegen (d. h. in durch Auflockerungen entlasteten Bereichen), zeigen i. d. R. vergleichsweise geringe Konvergenzraten und die vertikalen Konvergenzraten sind dort meistens größer. Dies liegt vor allem an der Spannungssituation im Umfeld der Abbaue. Aufgrund ihres vergleichsweise großen Hohlraumvolumens und höheren Konvergenzraten in den Abbauen, werden in den Strecken, die im direkten Einflussbereich eines Abbaus liegen, insbesondere die horizontalen Konvergenzen abgeschwächt. In den Strecken, die weiter entfernt von den Abbauen liegen, weisen hohe Konvergenzraten daher auf stärker beanspruchte Bereiche hin, wie z. B. im Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle. Dies kann durch die exponierte Lage der Messstellen in hoch durchbauten Bereichen, z. B. in gering dimensionierten Pfeilern zwischen zwei Baufeldern, begründet sein. Weiterhin wirken sich die unterschiedlichen gebirgsmechanischen Eigenschaften der anstehenden Gesteinsarten und der Feuchteinfluss deutlich auf das Verformungsverhalten aus.

## Konvergenz in den Abbauen und Werkstätten

Die Konvergenzmessungen in den Abbauen werden in folgende Instrumentierungsbereiche unterteilt:

- Südflanke Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)
- Sattelkern ELK 7/725 (Na2)

Die Tabelle 2.3 auf Blatt 30 und Tabelle 2.4 auf Blatt 31 zeigen auch die Ergebnisse zu den Konvergenzmessungen in den Abbauen und Werkstätten. Hier werden die Messwerte – zum Teil aus [15] – zu den Abbauen 3/490, 4/490, 8/490, 2/511, ELK 7/725 (Na2) sowie zur E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle herangezogen. Diese werden zur Bewertung der Infrastrukturbereiche im Oberen Baufeld der Südflanke genutzt (vgl. Abschnitt 4.1 auf Blatt 58).

Die jährlichen horizontalen Konvergenzraten für das Jahr 2020 am oberen Baufeldrand auf der 490- und 511-m-Sohle befinden sich in einer Bandbreite von –0,3 mm/a bis 25 mm/a (Verformungsrate im Durchschnitt von ca. 0,2‰/a).

In den Abbauen 3/490, 4/490 sowie 8/490 kann im Jahr 2020 ein leichter Anstieg in den Konvergenz- und Verformungsrate beobachtet werden. Die höchsten horizontalen Konvergenzraten (ca. 25 mm/a) bzw. Verformungsrate (ca. 0,6‰/a) wurden weiterhin in Abbau 8/490 gemessen. In der E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle wurde bis 2016 an den im Mai 2014 eingerichteten Messpunkten eine leichte

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 29

Divergenz erfasst. Für das Jahr 2020 wurden hier geringe Verformungsraten von  $-0,02\%/a$  bis  $0,03\%/a$  beobachtet.

Die vertikalen Konvergenzen werden nur im Abbau 3/490 auf der 490-m-Sohle gemessen. Diese stellen eine besondere Situation dar, da die Messpunkte nicht in der Sohle, sondern im aufgeschütteten konsolidierten Salzversatz an den Dämmen zwischen den Lösungsspeicherbecken, vermarktet sind. Aufgrund der Sohlenhebung im Bereich der Lösungsspeicherbecken sind hier auch die höchsten Konvergenzraten von maximal 31 mm/a zu beobachten (s. Tabelle 2.3 auf Blatt 30). Für das Jahr 2020 werden im Durchschnitt vertikale Konvergenzraten von 21 mm/a (Verformungsrate von  $5,0\%/a$ ) beobachtet. Dabei bezieht sich die angegebene Verformungsrate auf die derzeitige Messstrecke, die von der Oberkante des Salzversatzes auf den Dämmen bis zur Firste verläuft. Bezieht man die Konvergenzrate auf das im Risswerk angegebene Sohlenniveau des Abbaus 3/490, so ergibt sich eine durchschnittliche Verformungsrate von ca.  $1,5\%/a$ . Im Vergleich zum Jahr 2019 ist ein leichter Anstieg der vertikalen Konvergenz im Abbau 3/490 zu beobachten.

Auf der 511-m-Sohle im Abbau 2/511 liegen die horizontalen Konvergenzraten im Jahr 2020 bei ca. 4 mm/a (Verformungsraten von ca.  $0,1\%/a$ ). Dies sind vergleichbare Werte zum Jahr 2019.

Die Konvergenzmessungen in der ELK 7/725 auf der 725-m-Sohle zeigen im Jahr 2020 Konvergenzraten von ca. 8 mm/a (Verformungsrate von ca.  $0,5\%/a$ ). Dies ist ein leichter Anstieg im Vergleich zum Jahr 2019.

Diese in ausgewählten Abbauen erfassten Konvergenzraten werden ergänzt durch Pfeilerstauchungsraten, die ebenfalls die querschlägige Stauchung des Tragsystems erfassen, und dienen der Abschätzung einer Abbau- bzw. Volumenkonvergenzrate. Diese Ergebnisse werden u. a. für die Bilanzierung der aktuellen Hohlraumvolumina benutzt.

## Zusammenfassung Konvergenzmessungen

Insgesamt sind im Jahr 2020 wenig Veränderungen in der Entwicklung der Konvergenzraten (s. Tabelle 2.3) und der auf die jeweilige Messlänge bezogenen Verformungsraten (s. Tabelle 2.4) im Vergleich zum Jahr 2019 festzustellen. Neben den, aufgrund des großen Hohlraumvolumens, hohen Konvergenzen in den Abbauen und Infrastrukturräumen, sind in folgenden Bereichen im Grubengebäude hohe Konvergenzraten an mehreren Messquerschnitten erfasst worden:

- In der im K2C stehenden Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf der 700-m-Sohle (vgl. Abschnitt 4.4 auf Blatt 96).
- In stark durchbauten Bereichen:
  - Auf der 725-m-Sohle (vgl. Abschnitt 4.5 auf Blatt 119):
    - \* Richtstrecke nach Westen im Sohlenniveau (Gleitbogenstrecke)
    - \* Querschlag nach Norden
  - Füllort Schacht 2 (vgl. Abschnitt 4.6 auf Blatt 134) und Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle (vgl. Abschnitt 4.7 auf Blatt 145)

*Tabelle 2.3: Abgeleitete Bandbreiten der Konvergenzraten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2019 und 31.12.2020*

Instrumentierungsbereich	2019				2020			
	Konvergenzrate		Konvergenzrate Mittelwert		Konvergenzrate		Konvergenzrate Mittelwert	
	[mm/a]		[mm/a]		[mm/a]		[mm/a]	
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal
1 Südflanke Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)								
• Steinsalz	-0,03 <sup>(1)</sup> – 23,93 <sup>(2)</sup>	12,99 – 31,43 <sup>(3)</sup>	4,90	20,01	-0,31 <sup>(1)</sup> – 25,23 <sup>(2)</sup>	15,16 – 31,46 <sup>(3)</sup>	6,11	21,23
2 Südflanke Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle)								
• Steinsalz	0,09 – 10,45	0,18 – 3,88	2,36	1,43	-0,11 <sup>(4)</sup> – 8,96	0,27 – 2,08	1,92	1,31
• Carnallit	1,22 – 13,02	2,84 – 13,54	6,21	7,83	1,70 – 12,77	2,49 – 14,54	6,67	7,66
3 Südflanke Söhlige Strecken <sup>(5)</sup> (490- bis 725-m-Sohle)								
• Steinsalz	1,22 – 15,39	1,17 – 9,11	5,29	4,37	1,68 – 15,03	2,54 – 6,31	8,28 <sup>(6)</sup>	4,42
• Carnallit	6,87 – 15,52	10,48 – 19,81	10,94	15,51	8,13 – 13,69	8,87 – 19,25	10,41	14,28
4 Sattelkern Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle)								
• Steinsalz	-0,07 <sup>(7)</sup> – 4,75	-0,09 <sup>(8)</sup> – 9,50	2,76	4,41	0,70 – 6,16	1,37 – 10,25	3,29	4,74
• Carnallit	-2,16 <sup>(9)</sup> – 19,83	3,29 – 21,36	4,89	8,48	-2,07 <sup>(9)</sup> – 17,35	1,99 – 16,30	4,77	7,44
5 Sattelkern ELK 7725 (Na2) (725-m-Sohle)								
• Steinsalz	5,06 <sup>(10),(11)</sup>	–	–	–	8,08 <sup>(11),(10)</sup>	–	–	–
6 Sattelkern Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle)								
• Steinsalz	-1,80 <sup>(12)</sup> – 13,43	4,96 – 8,03	5,14	6,16	1,61 – 14,85	0,81 – 9,00	6,90	4,15
7 Südflanke Streckensysteme (750-m-Sohle)								
• Steinsalz	8,24 <sup>(13)</sup>	–	–	–	8,11 <sup>(13)</sup>	–	–	–

(1) Divergenz (E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle, Messstrecke 4927-4928).  
 (2) Ab 2016 werden auch die Messwerte in horizontal streichender Richtung berücksichtigt.  
 (3) Die vertikalen Konvergenzen werden nur im Abbau 3/490 erfasst.  
 (4) Divergenz im Leinsteinsalz in der Wendelstrecke auf der 532-m-Sohle, Messquerschnitte K004.  
 (5) Abbaubegleitstrecken und die Querschläge auf der 700-m-Sohle zum BS3 sowie 725-m-Sohle nach Norden.  
 (6) Im Vergleich zum Jahr 2019 können aufgrund der Verfüllung die Messquerschnitte in den Strecken auf der 532-m-Sohle nicht mehr berücksichtigt werden. Der Vergleich der 2019 und 2020 aktiven Messquerschnitte zeigt konstante Konvergenzraten.  
 (7) Divergenz in der nördl. Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, Messquerschnitt K051.  
 (8) Divergenz in der Wendelstrecke auf der 700- zur 725-m-Sohle, Messquerschnitt K17.  
 (9) Divergenz in der Wendelstrecke 725- zur 750-m-Sohle, Messquerschnitt K047 horizontal 2.  
 (10) Die horizontalen Konvergenzen werden nur in querschlägiger Richtung erfasst.  
 (11) Nur eine Messstrecke aktiv.  
 (12) Divergenz an den Messquerschnitten 7515–7516 und 7517–7519.  
 (13) Nur eine Messstrecke aktiv.

	Rückgang der Konvergenzrate ≤ 1,5 mm/a		Unveränderte Konvergenzrate ± 1,5 mm/a		Anstieg der Konvergenzrate ≥ 1,5 mm/a
	kein Vergleich möglich				

**Tabelle 2.4: Abgeleitete Bandbreiten der Verformungsdaten für die verschiedenen Instrumentierungsbereiche jeweils zum 01.11.2019 und 31.12.2020**

Instrumentierungsbereich	2019				2020				
	Verformungsdaten		Verformungsdaten Mittelwert		Verformungsdaten		Verformungsdaten Mittelwert		
	[%/a]		[%/a]		[%/a]		[%/a]		
	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	horizontal	vertikal	
1 Südflanke Abbaue/Werkstätten (490- und 511-m-Sohle)									
	• Steinsalz	0,00 <sup>(1)</sup> – 0,58 <sup>(2)</sup>	0,92 – 2,26 <sup>(3),(4)</sup>	0,12	1,44 <sup>(4)</sup>	-0,02 <sup>(5)</sup> – 0,62 <sup>(2)</sup>	1,07 – 2,26 <sup>(3),(6)</sup>	0,16	1,53 <sup>(6)</sup>
2 Südflanke Wendelstrecke (490- bis 700-m-Sohle)									
	• Steinsalz	0,01 – 1,18	0,04 – 0,77	0,29	0,29	-0,02 <sup>(7)</sup> – 1,01	0,06 – 0,42	0,24	0,27
	• Carnallit	0,17 – 1,76	0,59 – 2,76	0,89	1,54	0,27 – 1,71	0,52 – 2,97	0,97	1,50
3 Südflanke Söhlige Strecken <sup>(8)</sup> (490- bis 725-m-Sohle)									
	• Steinsalz	0,27 – 1,61	0,22 – 1,84	0,72	0,88	0,27 – 1,57	0,54 – 1,27	1,06 <sup>(9)</sup>	0,91
	• Carnallit	1,08 – 2,89	2,36 – 4,70	1,82	3,34	1,17 – 2,55	2,01 – 4,65	1,74	3,10
4 Sattelkern Streckensysteme (700- bis 775-m-Sohle)									
	• Steinsalz	-0,01 <sup>(10)</sup> – 0,81	-0,02 <sup>(11)</sup> – 1,89	0,43	0,90	0,14 – 0,95	0,31 – 2,04	0,51	0,99
	• Carnallit	-0,19 <sup>(12)</sup> – 3,88	0,65 – 4,55	0,89	1,73	-0,18 <sup>(12)</sup> – 3,40	0,39 – 3,48	0,85	1,51
5 Sattelkern ELK 7/725 (Na2) (725-m-Sohle)									
	• Steinsalz	0,32 <sup>(13),(14)</sup>	–	–	–	0,50 <sup>(13),(14)</sup>	–	–	–
6 Sattelkern Füllortbereich (490- und 750-m-Sohle)									
	• Steinsalz	-0,47 <sup>(15)</sup> – 1,89	0,98–2,54	0,84	1,61	0,38 – 2,52	0,16 – 2,85	1,25	1,24
7 Südflanke Streckensysteme (750-m-Sohle)									
	• Steinsalz	1,00 <sup>(14)</sup>	–	–	–	0,98 <sup>(14)</sup>	–	–	–

- (1) Am Messquerschnitt 4913–4932 beträgt die Verformungsrate im Jahr 2019 –0,008 %/a.  
(2) Ab 2016 werden auch die Messwerte in horizontal streichender Richtung berücksichtigt.  
(3) Die vertikalen Konvergenzen werden nur im Abbau 3/490 erfasst.  
(4) Werte bezogen auf die Abbaukontur ohne Salzversatz. Bezogen auf die Messstrecke ergeben sich Verformungsdaten von 2,81 bis 7,58 %/a (Mittelwert 4,78 %/a).  
(5) Divergenz (E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle, Messstrecke 4927-4928).  
(6) Werte bezogen auf die Abbaukontur ohne Salzversatz. Bezogen auf die Messstrecke ergeben sich Verformungsdaten von 3,28 bis 7,59 %/a (Mittelwert 5,05 %/a).  
(7) Divergenz im Leinsteinsalz in der Wendelstrecke auf der 532-m-Sohle, Messquerschnitt K004.  
(8) Abbaubegleitstrecken und die Querschläge auf der 700-m-Sohle zum BS3 sowie 725-m-Sohle nach Norden.  
(9) Im Vergleich zum Jahr 2019 können aufgrund der Verfüllung die Messquerschnitte in den Strecken auf der 532-m-Sohle nicht mehr berücksichtigt werden. Der Vergleich der 2019 und 2020 aktiven Messquerschnitte zeigt konstante Konvergenzraten.  
(10) Divergenz in der nördl. Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, Messquerschnitt K051.  
(11) Divergenz in der Wendelstrecke auf der 700- zur 725-m-Sohle, Messquerschnitt K17.  
(12) Divergenz in der Wendelstrecke 725- zur 750-m-Sohle, Messquerschnitt K047 horizontal 2.  
(13) Die horizontalen Konvergenzen werden nur in querschlägiger Richtung erfasst.  
(14) Nur eine Messstrecke aktiv.  
(15) Divergenz an den Messquerschnitten 7515–7516 und 7517–7519 auf der 750-m-Sohle

	Rückgang der Verformungsrate ≤ 0,3 %/a		Unveränderte Verformungsrate ± 0,3 %/a		Anstieg der Verformungsrate ≥ 0,3 %/a
	kein Vergleich möglich				

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 32

## 2.3 Versatzdruckmessungen

### 2.3.1 Messziel

Ziel der Versatzdruckmessungen ist die Erfassung, ob und in welchem Maße sich ein Versatzdruck in den versetzten Abbauen im Baufeld an der Südflanke aufbaut, welcher dem Entfestigungsprozess in den Tragelementen entgegenwirkt und das Tragsystem insgesamt stabilisiert.

### 2.3.2 Messsysteme

Da die Stützwirkung des eingebrachten Versatzes von erheblicher Bedeutung für die Stabilisierung des Tragsystems ist, wurden Versatzdruckmesssysteme in sieben Abbauen auf der 616-m-Sohle und je eins in den Abbauen 7/595, 7/637, 7/658 und 9/637 instrumentiert (s. Anhang 4.2 auf Blatt 244).

In jedem der Abbaue wurden jeweils zwei Messquerschnitte eingerichtet. Ein Messquerschnitt besteht aus einer Versatzdruckmonitorstation (VM) und einem Versatzdruckgeber (VD). Eine Versatzdruckmonitorstation besteht jeweils aus drei Spannungsgebern, welche in einem Rahmen orthogonal nach den drei Hauptraumrichtungen ausgerichtet sind. In Anhang 4.1 auf Blatt 243 wird in Form einer Prinzipskizze der Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation und eines Versatzdruckgebers aufgezeigt.

### 2.3.3 Durchführung der Messungen

Die Versatzdruckmessungen werden seit 1998 im Baufeld der Südflanke durchgeführt. Im Rahmen dieses Berichtes wird die Versatzdruckentwicklung vom 01.01.2020 bis 31.12.2020 dokumentiert.

Von den insgesamt 88 Messstellen wurden bisher 48 Messstellen auf eine hydraulische Messwertabfrage umgestellt. Derzeit befinden sich 18 hydraulische und 19 pneumatische Messstellen im Routine-messbetrieb. Aufgrund von Leitungsschäden mussten einige der Spannungsgeber aufgegeben werden. Diese Defekte sind im Wesentlichen auf die erheblichen Konvergenz- und Kompaktionsprozesse des Versatzkörpers zurückzuführen. Die Messwerterfassung erfolgt automatisch im 4-Tage-Rhythmus. Die Daten werden auf dem Geotechnik-Server verwaltet. Seit Mitte 2014 erfolgt die Datenübertragung von unter nach über Tage mittels eines Lichtwellenleiterkabels.

Die Plausibilitätsprüfung der Rohdaten und Eliminierung messtechnischer Effekte erfolgt in der Regel monatlich. Die Auswertung der Versatzdruckmessungen erfolgt einmal im Quartal im Hinblick auf signifikante Veränderungen. Die Messwerte, welche aufgrund der Plausibilitätsprüfung in der Auswertung nicht berücksichtigt werden, erhalten die Kennzeichnung „inaktiv“ zum Zeitpunkt des letzten glaubhaften Messwerts. Der Verlauf der zeitlichen Druckentwicklung wird jedoch weiter beobachtet und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt wieder in die Auswertung integriert. In den graphischen Darstellungen werden die Zeitspannen von nicht berücksichtigten Werten durch eine Lücke dargestellt.

### 2.3.4 Darstellung der Messergebnisse

Für die Bewertung der Versatzdruckentwicklung wurden nur Messwerte betrachtet, welche einen signifikanten Druckaufbau (größer 0,1 MPa) zeigen. Dies betrifft 21 von 37 aktiven Messstellen. Die mittleren Versatzdruckmesswerte im Berichtszeitraum (01.01.2020 bis 31.12.2020), dargestellt auf

dem Schnitt 1 (im Streichen des Asse-Sattels) mit Angabe der Versatzeinbringung, zeigt Anhang 4.2 auf Blatt 244.

Tabelle 2.5: Versatzdruckverteilung im Berichtszeitraum

Sohle	Abbau	Bezugs- messung	Mess- dauer [a]	Maximum		Minimum		Mittel <sup>1)</sup>		
				12/2020 Betrag [MPa]	Richtung	01/2020-12/2020 Änderung [MPa]	12/2020 Betrag [MPa]	Richtung	01/2020-12/2020 Betrag [MPa]	Änderung [MPa]
595-m-S	7	19.05.1998	22,6	0,40	vertikal	0,29	0,20	hq	0,19	0,11
616-m-S	1	11.09.1998	22,3							
	2	11.09.1998	22,3	0,70	hq	-0,01	0,21	hs	0,35	0,00
	4	19.05.1998	22,6	0,48	vertikal	0,01	0,18	hq	0,26	0,03
	5	04.12.1997	23,1							
	7	03.12.1997	23,1	0,60	hq	-0,02	0,11	hs	0,18	-0,01
	8	14.10.1997	23,2	0,52	hq	0,04	0,14	hs	0,20	0,03
637-m-S	9	19.05.1998	22,6	0,20	vertikal	0,09	0,13	vertikal	0,13	0,05
	7	20.11.1997	23,1	0,16	hq	0,01	**)		0,16	0,01
658-m-S	9	24.06.1997								
	7	22.08.1997	23,4	0,66	hs	0,01	0,24	hq	0,50	-0,12
Mittelwert				0,42		0,17		0,25		

\*) Mittelwert über alle Messwerte im betrachteten Zeitraum, welche > 0,1 MPa sind.

\*\*) Nur eine Messstelle mit signifikanten Werten > 0,1 MPa

	Anstieg größer 0,1 MPa		keine signifikanten Messwerte
	nahezu unverändert		Messgeräte inaktiv
	Rückgang kleiner -0,1 MPa		

### 2.3.5 Fazit

Durch die zunehmende Verformung der Versatzkörper sind bereits erhebliche Beschädigungen an den Messsystemen festzustellen. Dies schränkt die Aussagefähigkeit der Messergebnisse insgesamt ein. Aus diesem Grund wird in Anhang 4.2 auf Blatt 244 der Mittelwert aller signifikanten Messstellen im Berichtszeitraum dargestellt. Auf diese Weise kann trotz der bereits genannten Einschränkungen die Versatzdruckentwicklung bewertet werden.

Aus den Versatzdruckmessungen in 9 Abbauen im Baufeld an der Südflanke ergeben sich im Mittel maximale Versatzdrücke von 0,4 MPa und ein Versatzdruck-Mittelwert von ca. 0,3 MPa (s. Tabelle 2.5).

Die mittleren Versatzdrücke im Berichtszeitraum aller signifikanten Messstellen bezogen auf die jeweilige Instrumentierungslokation sind in Anhang 4.2 auf Blatt 244 visualisiert.

Im Berichtszeitraum sind die mittleren Versatzdrücke (Mittelwert über die Änderungen) gegenüber dem Jahr 2019 [16] nahezu unverändert.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 34

Da inzwischen dreiviertel der Abbaue im Bau Feld der Südflanke mit Sorelbeton nachverfüllt wurden und weiterhin eine konvergenzbedingte Volumenkompaktion stattfindet, ist von einer geringfügig fortschreitenden Stützwirkung des Versatzes auf die Pfeiler auszugehen. Messtechnisch kann dies in den Versatzdrücken nicht eindeutig belegt werden. Jedoch sind die steigenden Gebirgsspannungen in streichender und vertikaler Richtung (s. Abschnitt 2.1 ab Blatt 15) ein erstes Indiz hierfür.

Bei dem Versatzmaterial handelt es sich um kompaktierten Salzgrus, welcher längerfristig noch keine relevanten Effektivspannungen abtragen kann. Somit sind auch weiterhin Druckabfälle in Verbindung mit Bruchvorgängen im Versatz zu erwarten, z. B. der Rückgang im Abbau 7/658 (s. Tabelle 2.5).

## 2.4 Mikroseismische Überwachung

### 2.4.1 Messziele

Wesentliche Ziele der mikroseismischen Überwachung sind das frühzeitige Erkennen möglicher sicherheitsrelevanter Bruchvorgänge im Grubengebäude sowie die indirekte Beobachtung des nicht zugänglichen grubennahen Deckgebirges bzw. der nicht zugänglichen grubennahen Umgebung. In Verbindung mit den Ergebnissen weiterer geowissenschaftlicher und markscheiderischer Messungen, Beobachtungen und Modellierungen wird eine gebirgsmechanische Gesamtbewertung des Grubengebäudes und seiner Umgebung ermöglicht.

Der Begriff „mikroseismisches Ereignis“ bezeichnet das Entstehen elastischer Wellen durch Deformations-, Entspannungs- und Bruchvorgänge im Gestein. Im Rahmen der mikroseismischen Überwachung sind Herdorte, Herdzeitpunkte und Stärken bzw. Magnituden der mikroseismischen Ereignisse zu bestimmen und zu interpretieren. Weiterhin stützen sich die Interpretationen auf die räumliche und zeitliche Verteilung der Mikroseismizität sowie deren Veränderung, die kumulative Energie, die Magnituden-Häufigkeits-Verteilung und die seismische Leistung (Energie pro Zeit).

Die wesentlichen Ursachen der Mikroseismizität im Bereich des Grubengebäudes und seiner Umgebung sind in Zeiträumen ohne bergmännische Aktivitäten (Betriebsruhephasen) fast ausnahmslos gebirgsmechanische Riss- bzw. Mikrorissbildungen aufgrund von:

- Bruchvorgängen im Gesamttragsystem;
- Entstehung und Entwicklung von Schädigungsbereichen im Deckgebirge;
- Deformationen im grubennahen Deckgebirge;
- Spannungsumlagerungen infolge des ablaufenden Entfestigungsprozesses auf noch tragende Elemente und das angrenzende Deckgebirge;
- Wiederbelastung stark entfestigter Bereiche aufgrund von Verfüllmaßnahmen.

In Betriebszeiten kommen direkt durch bergmännische Aktivitäten verursachte Ereignisse hinzu, die jedoch oftmals schwierig von gebirgsmechanischen Ereignissen zu unterscheiden sind. Daher werden im Folgenden hauptsächlich in den Betriebsruhezeiten detektierte mikroseismische Ereignisse betrachtet.

Beobachtet wird der Prozess der Rissbildung, d. h. die aktuell stattfindende Schädigung durch Rissbildung. Diese Prozesse können sowohl für die Tragfähigkeit des Grubengebäudes im Ganzen als auch für die Ausbildung von Fließwegen relevant sein und lokal für die arbeitssicherheitliche Bewertung eine Rolle spielen. Die mikroseismische Überwachung liefert Indizien zum Feststellen von Rissneubildungen oder Reaktivierung bereits vorhandener Risse, die als potentielle Fließwege in Frage kommen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 35

## 2.4.2 Messsystem

### Mikroseismisches Messnetz

Mit dem mikroseismischen Messnetz, bestehend aus 28 untertägigen 3-Komponenten-Sonden und einer 3-Komponenten-Sonde in der Bohrung Remlingen 6, wird die mikroseismische Aktivität im Grubengebäude und seiner Umgebung einschließlich des grubennahen Deckgebirges überwacht. Die Positionen der mit je 3 orthogonal zueinander ausgerichteten 30-Hz-Sensoren ausgestatteten Mikroseismiksonden sind in Anhang 5.1 auf Blatt 245 dargestellt.

Das Netz wurde im Berichtszeitraum 2020 (Abschnitt 2.4.4 auf Blatt 36) bzw. Kalenderjahr 2020 gegenüber dem Berichtszeitraum 2019 [16] nicht verändert.

2020 gab es folgende vorübergehende Ausfälle::

- Die Station „S-775-W-01“ („MS 02“) war vom 24. März bis zum 31. März 2020 aufgrund von Kontaktproblemen außer Betrieb.
- Die Station „S-850-S-01“ („MS 03“) war vom 15. Oktober bis zum 20. Oktober 2020 wegen eines Netzteildefekts außer Betrieb.

### Erfassung der mikroseismischen Daten

Gegenüber 2018 [17] und 2019 [16] gab es an den Erfassungsanlagen und der Ereignisdetektion und Aufzeichnung keine wesentlichen Änderungen. Die Gesamtzahl der automatisch detektierten Ereignisse hängt außer von der Anzahl gebirgsmechanischer Ereignisse auch stark von der Anzahl der direkt durch bergmännische Aktivitäten hervorgerufenen Ereignisse ab. Die kalendermonatliche Anzahl der Detektionen seit Juli 2007 ist in Anhang 5.2 auf Blatt 246 graphisch dargestellt.

### 2.4.3 Durchführung der Messungen und Auswertungen

Die Mikroseismik ist ein passives, zerstörungsfreies und indirektes Messverfahren. Es werden nicht nur Ereignisse in unmittelbarer Nähe der einzelnen Sonden erfasst, sondern im vom Messnetz umspannten Volumen und in der Umgebung des Messnetzes. Messdurchführung und -auswertung erfolgten im Berichtszeitraum 2020 weitgehend wie im Berichtszeitraum 2019 [16]. Ereignisse während Zeiträumen ohne bergmännische Aktivitäten („Betriebsruhephasen“) werden wie auch Ereignisse mit Magnitude ab -1,5 seit Oktober 2018 zur Verbesserung von Sensitivität und Genauigkeit zusätzlich zur automatischen Auswertung vollständig manuell ausgewertet. Automatische und manuelle Auswertung im Vergleich und die Genauigkeit wurden z. B. in [17], [18] und [19] diskutiert.

Im Zuge der Einführung einer Datenbank zur Ereigniserfassung wurden bei der Magnitudenbestimmung auch weiter vom Herdort entfernte Stationen berücksichtigt und damit Magnitudenunterschätzungen durch Abschirmeffekte verringert. Dadurch und durch geringe Korrekturen gibt es leichte Unterschiede zwischen den in den vorangegangenen Jahresberichten und den in diesem Bericht gezeigten Ergebnissen. Diese geringfügigen Änderungen haben keinen Einfluss auf die Gesamtinterpretation und Bewertung der mikroseismischen Monitoringergebnisse.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 36

## Direkt durch bergmännische Aktivitäten verursachte, induzierte und getriggerte Ereignisse

Unter direkt arbeitsbedingten Ereignissen werden hier nur Ereignisse verstanden, deren Hauptursache Arbeiten sind und die sich sowohl in unmittelbarer zeitlicher als auch räumlicher Nähe der Arbeiten ereignet haben. Solche Ereignisse sind in der Betriebsruhe weitestgehend ausgeschlossen.

Mit induzierten Ereignissen sind hier Ereignisse gemeint, für die bergmännische Arbeiten eine wesentliche Ursache sind, die sich jedoch räumlich oder zeitlich nicht in unmittelbarer Nähe der Arbeiten ereignet haben.

Daneben gibt es insbesondere auch Ereignisse, die durch Arbeiten ausgelöst („getriggert“) werden, für welche die Arbeiten jedoch nicht die Hauptursache sind. Diese wären ansonsten sehr wahrscheinlich in ähnlicher Form später aufgetreten.

Typische Randbedingungen für durch bergmännische Aktivitäten zeitnah getriggerte Mikroseismizität, wie auch für das Auftreten anderer gebirgsmechanischer Ereignisse, sind (vgl. z. B. [20]):

- Vorhandensein geologisch vorgeprägter Trennflächen (z. B. Sulfatlagen, Anhydritbereiche),
- deutliche, zumeist gebirgsmechanisch bedingte Vorschädigung,
- hohe gebirgsmechanische Belastung,
- ungünstiges Hohlraumprofil und
- lange Standzeit.

## Ergänzende seismologische und mikroakustische Überwachung

Ergänzend zur Überwachung der lokalen Mikroseismizität wird die regionale Seismizität ab Magnituden von etwa 2 insbesondere durch den Niedersächsischen Erdbebendienst (LBEG Hannover) überwacht. Es wurden auch 2020 im Bereich der Asse weiterhin keine solchen Ereignisse beobachtet.

Die auf der 490-m-Sohle betriebene Breitbandseismometer-Station vom Typ „STS-2.5“ ist im Deutschen Seismologischen Regionalnetz eingegliedert (Stationsname: „Asse“) und dient neben der Verbesserung von Sensitivität und Genauigkeit der seismologischen Überwachung im weiteren Umfeld der Asse auch der Beobachtung tieffrequenter, auf das Grubengebäude einwirkender Schwingungen.

Durch das ergänzende mikroakustische Monitoring der Firsten der Abbaue 3/490 und 4/490 (Abschnitt 2.5 auf Blatt 46 ff) werden in diesem Bereich zusätzlich auch sehr schwache und hochfrequente Ereignisse beobachtet.

### 2.4.4 Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung

#### Diesem Bericht zugrunde liegende Datenbasis

Der aktuelle Berichtszeitraum 2020 umfasst hauptsächlich die Mikroseismizität im Zeitraum vom 1. Oktober 2019 bis zum 31. Dezember 2020. Für langfristige Vergleiche der mikroseismischen Aktivität in früheren Jahren z. B. in Tabellen (s. Tabelle 2.6 auf Blatt 37), wird jedoch das Kalenderjahr verwendet, d. h. 01. Januar bis 31. Dezember eines Jahres.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 37

Es werden vorrangig manuelle Auswertungen für Zeiträume ohne bergmännische Aktivitäten (s. Anhang 5.3 auf Blatt 247) betrachtet. Zur langfristigen Vergleichbarkeit werden zusätzlich automatische Auswertungen herangezogen.

Für statistische Auswertungen, wie z. B. mikroseismische Raten, werden die in den Zeiträumen ohne bergmännische Aktivitäten aufgezeichneten Ereignisse auf die Gesamtzeit hochgerechnet, worauf im Folgenden nicht immer explizit hingewiesen wird.

#### 2.4.4.1 Übersicht über die Ergebnisse der mikroseismischen Überwachung

Im Berichtszeitraum 2020 wurden während Betriebsruhephasen im gesamten überwachten Bereich insgesamt 1551 mikroseismische Ereignisse automatisch und 1863 mikroseismische Ereignisse manuell lokalisiert.

Unter Berücksichtigung des Betriebsruheanteils an der Gesamtzeit von ca. 26 % (s. Anhang 5.3 auf Blatt 247) ergibt sich auf Basis der automatischen Auswertung ein Rückgang der Gesamtereignisrate gegenüber dem Kalenderjahr 2019 von etwa 13 % (vgl. Tabelle 2.6 bzw. Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 260).

Diesen Rückgang spiegelt auch die Gesamtereignisrate der automatischen Auswertung hochgerechnet aus Betriebsruhezeiten wider (vgl. Anhang 5.6 auf Blatt 258). Detaillierte Werte finden sich in Tabelle 2.6, Anhang 5.3 auf Blatt 247, Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 260.

*Tabelle 2.6: Anzahl der im gesamten überwachten Bereich insgesamt bzw. zu Zeiten ohne bergmännische Aktivitäten automatisch lokalisierten Ereignisse in den Kalenderjahren 2016 bis 2020. Die vierte Spalte zeigt die aus Betriebsruhezeiten auf die Gesamtzeit hochgerechnete Anzahl mikroseismischer Ereignisse, die im Unterschied zur zweiten Spalte keine direkt arbeitsbedingten Ereignisse enthält.*

Jahr	Gesamtzeit	Betriebsruhe	hochgerechnet auf die Gesamtzeit
2020	15978	1410	5490
2019	16417	1625	6378
2018	22280	1568	6655
2017	24446	1173	4978
2016	28006	1501	5723

Die kumulative Energie (Betriebsruhephasen, automatische Lokalisation) zeigt im Vergleich zum Vorjahr einen flacheren Anstieg und die seismische Leistung zeigt entsprechend im Berichtszeitraum 2020 relativ geringe Werte ohne starke temporäre Anstiege (Anhang 5.6, Bild 14 auf Blatt 259 und Anhang 5.6, Bild 15 auf Blatt 259). Im Berichtszeitraum 2020 ist, im Gegensatz zum vorjährigen Trend, eine deutliche Abnahme der Anzahl relativ starker Ereignisse zu beobachten (s. Anhang 5.6 auf Blatt 258 bzw. Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 260).

Die trotz des Rückgangs gegenüber 2019 weiterhin hohe mikroseismische Aktivität weist auf eine insgesamt weiterhin fortschreitende Schädigung hin.

Die mikroseismischen Ereignisse verteilten sich im Berichtszeitraum 2020, wie auch schon in den Vorjahren (s. z. B. [16]), nicht gleichmäßig über das Grubengebäude und seine Umgebung, sondern traten vielfach in Form mikroseismischer Cluster, d. h., in räumlichen und teilweise auch zeitlichen Häufungen, auf (s. Anhang 5.4 auf Blatt 248). Ausgeprägte lokale Häufungen deuten auf einen großen Einfluss lokaler Besonderheiten hin.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 38

Manche Cluster korrelieren mit bergmännischen Aktivitäten wie z. B. Betonagen, umfangreichen Sanierungsmaßnahmen, Auffahrungen und anderen Bautätigkeiten. Im Berichtszeitraum 2020 waren insbesondere Bereiche auf der 511-m-Sohle, bei der Kavernenstrecke auf der 825-m-Sohle und im Bereich der Faktenerhebung und der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle betroffen. In der Gesamtbetrachtung korreliert die mikroseismische Aktivität nicht mit dem eingebrachten Betonvolumen (vgl. [18]). Der durch Betonagen verursachte Wärme- und Feuchteeintrag allein liefert damit keine plausible Erklärung für die hohe Gesamtereignisrate.

Insbesondere im Bereich der unteren Sohlen, um die 725- und 750-m-Sohle, wurden viele Ereignisse beobachtet (vgl. z. B. Anhang 5.5 auf Blatt 257). Auf die beiden seit einigen Jahren beobachteten, sehr ausgeprägten lokalen Häufungen bei der ELK 4/750 (vgl. Abschnitt 2.4.4.4 auf Blatt 41) und der ELK 6/750 (vgl. Abschnitt 2.4.4.4 auf Blatt 41) entfiel weiterhin ein großer Teil der mikroseismischen Ereignisse im Bereich der Schachanlage Asse II. Die 2018 neu entstandene Häufung mikroseismischer Ereignisse beim westlichen Abschnitt der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle ist im aktuellen Berichtszeitraum bis Januar 2020 nicht mehr zu beobachten, lediglich vereinzelte Ereignisse wurden in diesem Bereich registriert (s. Anhang 5.11 (Blätter 292 bis 293)). Darüber hinaus gab es weitere weniger ausgeprägte, aber dennoch relevante Häufungen in Infrastrukturbereichen und an den Baufeldrändern.

Die im Rahmen der besonderen Überwachung der Firstspaltverfüllung (vgl. Kapitel 3 auf Blatt 53 sowie Abschnitt 2.4.4.6 auf Blatt 44) betrachtete Ereignisrate für den gesamten überwachten Bereich mit Ausnahme der Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 lag im Berichtszeitraum 2020 im Januar, Mai und Dezember über der bis 2019 geltenden Meldeschwelle (s. Anhang 5.7 auf Blatt 261).

#### 2.4.4.2 Mikroseismizität am oberen Baufeldrand (im Bereich oberhalb der 490-m-Sohle bis zur 511-m-Sohle)

Am oberen Baufeldrand fällt vor allem der zentrale Bereich und der westliche obere Baufeldrand durch erhöhte mikroseismische Aktivität auf. Allerdings wird auch weiterhin etwas südöstlich außerhalb des Grubengebäudes erhöhte Aktivität registriert. Die Ereignisverteilung lässt sich in folgende größere Ereignisgruppen weiter räumlich eingrenzen: Beim Pfeiler 3/4 auf der 511-m-Sohle, direkt oberhalb Abbau 3/490, südlich von 6/511 im Bereich Grenze Salz-Deckgebirge und südöstlich der 9. Abbaureihe ebenfalls im Bereich der Grenze Salz-Deckgebirge (s. Anhang 5.8 (Blätter 262–264)).

Im Berichtszeitraum 2020 wurden nur kleine Gruppen und Einzelereignisse deutlich nördlich des Baufelds an der Südflanke im Bereich der oberen Sohlen lokalisiert (s. Anhang 5.8).

#### Mikroseismizität am westlichen oberen Baufeldrand

Die in den Vorjahren starke mikroseismische Aktivität als Reaktion auf die Errichtung des Stützbauwerkes im südlichen Bereich und südlich in Abbau 4/490 scheint fast vollständig zurückgegangen zu sein. Dagegen wurden im Juni/Juli 2020 vermehrt mikroseismische Ereignisse oberhalb der Firste in Abbau 3/490 beobachtet. Zusammen mit einer ebenfalls leicht erhöhten mikroakustischen Aktivität in diesem Bereich könnte dies als Anzeichen für fortschreitende Auflockerung im Salzgestein gedeutet werden (vgl. Abschnitt 2.5 auf Blatt 46). Vorrangig im Juni bis September 2020 wurden mikroseismische Ereignisse im Bereich der 511-m-Sohle in der Umgebung des Pfeilers 3/4 lokalisiert (s. Anhang 5.8 auf Blatt 264). In diesem Bereich fanden umfangreiche Sanierungen bzw. Baumaßnahmen statt. Auch im Bereich des Abbaus 2/511 wurden insbesondere im Juni 2020 einige Ereignisse registriert. Weiterhin

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 39

wurden auch erneut einzelne mikroseismische Ereignisse deutlich westlich oberhalb des Grubengebäudes beobachtet (Teufe bis etwa -200 mNN bzw. bis ca. 100 m oberhalb der 490-m-Sohle). Im Rahmen der Lokalisierungsgenauigkeit ist nicht eindeutig festzustellen, ob die Ereignisse beim Übergang Salz-Deckgebirge bis ins Deckgebirge reichen.

### **Mikroseismizität am zentralen oberen Baufeldrand**

Im Bereich um die Grenze Salz-Deckgebirge bei der sechsten Abbaureihe (Teufe etwa -260 mNN bis -320 mNN bzw. im Teufenbereich der obersten Sohlen) wurde weiterhin erhöhte mikroseismische Aktivität beobachtet, insbesondere gegen Ende 2019 und Anfang 2020 und etwas schwächer im August 2020 (s. Anhang 5.8 auf Blatt 263). Die Ereignishäufung befindet sich im Bereich einer vermuteten Störzone (vgl. Anhang 5.8 auf Blatt 264).

### **Mikroseismizität am östlichen oberen Baufeldrand**

Das bereits in den Vorjahren beobachtete Cluster am östlichen oberen Baufeldrand, das seinen Schwerpunkt etwa südlich des Abbaus 9/511 hat und sich bis in den Buntsandstein erstreckt (z. B. [20], [18], [21], [17]), war auch im Berichtszeitraum 2020 weiter aktiv (s. Anhang 5.8 auf Blatt 262 ff).

Einige vereinzelte Ereignisse wurden im Oktober 2020 im Bereich des westlichen Abschnitts des Südstoßes in Abbau 8/490 beobachtet. Diese Ereignisse können durch Wärme- und Feuchteintrag sowie lokale Spannungsumlagerungen bei Sanierungs- und Baumaßnahmen getriggert worden sein.

Die Biegung des Deckgebirges über den „harten“ Übergang vom Unverritzten zu den Abbauen am oberen östlichen Baufeldrand ist eine wesentliche Ursache für die südlich und südöstlich des Grubengebäudes beobachtete Mikroseismizität. Geologische und tektonische Einflüsse (z. B. Störungen) sind weitere mögliche Ursachen.

#### **2.4.4.3 Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen (532-m-Sohle bis 679-m-Sohle)**

Die mikroseismische Aktivität im Bereich der mittleren Sohlen hat sich im Berichtszeitraum 2020 auf drei größere Bereiche im Westen, im zentralen Bauteil und im Osten des Baufeldes verteilt. In diesen Bereichen haben sich die mikroseismischen Ereignisse zum Teil in Clustern konzentriert.

#### **Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen im Westen**

Das 2011 erstmals beobachtete mikroseismische Cluster im Bereich der Wendelkehre im Westen der 658-m-Sohle bzw. nördlich des Pfeilers 1/2 auf der 658-m-Sohle [22] war auch im Berichtszeitraum 2020 aktiv (s. Anhang 5.8 auf Blatt 271). Die hier beobachteten Ereignisse weisen überwiegend geringe Lokalmagnituden auf. Das Cluster beim Abbau 1/574 war mit weniger, aber dafür etwas stärkeren Ereignissen weiter aktiv (vgl. Anhang 5.8 auf Blatt 266 bis Blatt 269 sowie [17]).

Die unmittelbare Umgebung der Hauptlösungsfassungsstelle im Abbau 3/658 hat in Betriebsruhezeiten des Berichtszeitraums 2020 keine mikroseismischen Auffälligkeiten gezeigt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 40

## Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen im zentralen Bauteil

Es traten weiterhin gehäuft Ereignisse im Bereich etwas nördlich des Pfeilers 3/4 auf den Sohlen 637-m bis 658-m auf. Auch im Bereich des Blindschachts 2 bzw. des Pfeilers 4/5 wurde auf dem Niveau der 679-m-Sohle eine weiterhin deutlich ausgeprägte mikroseismische Ereignishäufung beobachtet (s. Anhang 5.8 auf Blatt 272).

## Mikroseismizität auf den mittleren Sohlen im Osten

Weiterhin sehr aktiv ist der nordöstliche Bereich in Abbau 8/679, wo insbesondere im Sommer 2020 relativ viele Ereignisse lokalisiert wurden. Auch ist weiterhin der östlichste Bereich der Grube bei Blindschacht 3 und in der nördlich und nordöstlichen Umgebung von Abbaureihe 9 in einer Tiefenlage von der 532-m-Sohle bis ungefähr zur 616-m-Sohle von erhöhter Aktivität geprägt (s. Anhang 5.8 auf Blatt 266 bis Blatt 269). Dieser Bereich zeigte auch schon im Jahr 2019 eine Ereignisverteilung in ähnlichen Ausmaß (s. [16]). Ein weiteres Cluster befindet sich beim Pfeiler 8/9 im Bereich der 658- bis 679-m-Sohle (s. Anhang 5.8 (Blätter 271–272)).

### 2.4.4.4 Mikroseismizität auf den unteren Sohlen und im Bereich des Tiefenaufschlusses (700-m-Sohle bis 975-m-Sohle)

Wie schon in den Vorjahren wurden auch im Berichtszeitraum 2020 ein Großteil aller mikroseismischen Ereignisse im Bereich der unteren Sohlen lokalisiert, insbesondere im Bereich der 725- und 750-m-Sohle.

Im noch im Berichtszeitraum 2019 relativ aktiven Bereich um den Bohrort im Osten der 700-m-Sohle, wurde im Berichtszeitraum 2020 keine erhöhte Aktivität beobachtet. Beim Blindschacht 3 wurden noch Ereignisse lokalisiert, aber keine starke Häufung beobachtet (s. Anhang 5.8 auf Blatt 273 bis Blatt 274).

### Mikroseismizität beim Blindschacht 1 im Bereich der 725- bis 800-m-Sohle und bei der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle

Die Aktivität bei Abbau 1/725 bzw. beim Blindschacht 1 ist weiterhin hoch. Davon abgesehen ist die Mikroseismizität im Bereich des westlichen Teils der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle bis zum Querschlag zur ELK 4/750, die durch die Streckenverfüllung 2018 für einige Monate stark erhöht war, vollständig abgeklungen (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 273–274)). Es gibt hier keine Hinweise auf signifikante, verbliebene Resthohlräume.

### Mikroseismizität im Bereich der Wendelkehre nördlich des Abbaus 8/725 (Na2)

Bei der Wendelkehre auf der 725-m-Sohle nördlich des Abbaus 8/725 (Na2) und in ihrer Umgebung wurde im Berichtszeitraum 2020, wie in den Vorjahren (vgl. z. B. [21], [17]), eine Ereignishäufung lokalisiert (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 272–275)). Die Aktivität hat im Vergleich zum Vorjahr etwas abgenommen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 41
---	-----------

## Mikroseismizität bei den ELK im Westflügel der 750-m-Sohle, insbesondere im Bereich der ELK 4/750

Die Aktivität des seit Ende 2007 beobachteten Clusters bei der ELK 4/750 (vgl. Anhang 5.9 auf Blatt 285, [16], [17], [18], [20], [21], [23]) unterlag im Berichtszeitraum 2020 Schwankungen. Der Anstieg der kumulativen Energie lag im Berichtszeitraum 2020 weiterhin bei etwa 2 kJ pro Jahr (vgl. Anhang 5.9, Bild 22 auf Blatt 286).

Die mittlere Ereignisrate hat sich in diesem Bereich in den Kalenderjahren 2020 gegenüber 2019 leicht verringert (automatische Auswertung: um ca. –4 % auf ca. 1,2 Ereignisse/Tag; manuelle Auswertung: um ca. –8 % auf ca. 1,5 Ereignisse/Tag). Seit 2015 ist die Rate der automatisch lokalisierten Ereignisse jedes Jahr im Mittel zurückgegangen.

Das Cluster konzentrierte sich weiterhin, wie in Anhang 5.9, Bilder 18 bis 19, auf Blatt 285 dargestellt, nördlich der ELK 4/750 etwas unterhalb der 725-m-Sohle in der Schweben oberhalb der verfüllten 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle. Aufgrund eines systematischen Anteils der Lokalisierungsungenauigkeit [24], liegt der Clusterschwerpunkt wahrscheinlich etwas dichter an der Gleitbogenausbaustrecke am nördlichen Rand des Abbaus 4/725 als dargestellt. In der Schweben unmittelbar oberhalb der ELK 4/750 ereigneten sich weiterhin, verglichen mit der Aktivität nördlich der ELK 4/750, relativ wenige mikroseismische Ereignisse. Einzelne mikroseismische Ereignisse wurden weit südlich des eigentlichen Clusters im Deckgebirge bzw. beim vermuteten Übergang Salz-Deckgebirge lokalisiert.

Die anhaltende Aktivität des Clusters weist auf eine weiterhin fortschreitende Schädigung hin, die sich jedoch im Vergleich mit den Vorjahren mit reduzierter Geschwindigkeit vollzieht. Wesentliche verbliebene Hohlräume im größeren Umfeld der ELK 4/750 sind die Gleitbogenausbaustrecke im Norden des Abbaus 4/725 und der Firstspalt in der ELK 4/750.

Im benachbarten Bereich des Blindschachts 2 und im Bereich der ELK 8/750 und 9/750 wurden weiterhin mikroseismische Ereignisse beobachtet (Anhang 5.8 (Blätter 274–275)).

## Mikroseismizität bei den ELK im Ostflügel, insbesondere im Bereich der ELK 6/750

Wie in den Vorjahren, gab es im Berichtszeitraum 2020 eine Häufung mikroseismischer Ereignisse im Bereich der ELK 6/750 (Anhang 5.10 auf Blatt 288ff). Im Verlauf des Jahres 2020 hat auch in diesem Teil des Grubengebäudes die Ereignisrate leicht abgenommen. Weiterhin wurden einzelne mikroseismische Ereignisse und kleine Ereignisgruppen im Bereich der ELK 5/750, der ELK 7/750 und der ELK 11/750 beobachtet (Anhang 5.8 (Blätter 274–276)). Die räumliche Verteilung ist ähnlich wie in den Berichtszeiträumen 2014 bis 2019 [16], [17], [18], [21], [25].

Der Anstieg der kumulativen Energie des Clusters im Bereich der ELK 6/750 ist relativ gleichmäßig und hat sich im Mittel seit Ende 2016 nicht deutlich verändert (Anhang 5.10, Bild 28 auf Blatt 290). Die Ereignisraten zeigen weiterhin einen schwankenden Verlauf, wobei die Ereignisraten für schwächere Ereignisse in der zweiten Jahreshälfte 2020 leicht zurückgehen (Anhang 5.10, Bild 26 auf Blatt 290). Die Ereignisrate (manuelle Auswertung) ist im Kalenderjahr 2020 im Mittel von ca. 2,0 (2019) auf 1,6 Ereignisse pro Tag zurückgegangen (vgl. Anhang 5.10, Bild 29 auf Blatt 291 für die Automatik und längerfristige Entwicklung). Das Cluster ist weiterhin weniger deutlich ausgeprägt als während der besonders starken Aktivität im Jahr 2006 (vgl. [24], [26]).

Als wesentliche Ursache der lokal erhöhten mikroseismischen Aktivität im Bereich der ELK im Ostflügel der 750-m-Sohle, insbesondere im östlichen Bereich der ELK 6/750, wird eine Kombination aus

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 42

lokalen Ursachen und dem großräumig auflaufenden Gebirgsdruck gesehen. Die deutliche Zunahme der Aktivität ab Anfang des Jahres 2014 erfolgte mit einer ähnlichen räumlichen Verteilung wie zu früheren Zeiten erhöhter Aktivität in den ELK auf der 750-m-Sohle im Ostflügel (vgl. z. B. [26]), was eine gemeinsame, großräumige Ursache vermuten lässt.

Es ist davon auszugehen, dass sowohl brechende Verlorene Betonabschirmungen (VBA), als auch Riss- und Mikrorissbildung im umgebenen Salzgestein eine Rolle spielen. Mögliche Ursachen für lokale Unterschiede der mikroseismischen Aktivität sind unterschiedliche Gebindeausrichtung und Stapeltechnik, lokale Besonderheiten der Geologie, unterschiedlich starke Vorschädigung des die ELK umgebenden Gebirges, Bauwerke, Resthohlräume innerhalb und in der Umgebung der Einlagerungskammern sowie eventuell auch Feuchte [20]. Eine heterogene Netzsensitivität, die unter anderem von der Dämpfung abhängt, kann die Verteilung der Ereignisse zusätzlich ungleichmäßiger erscheinen lassen.

Weiterhin beachtenswert ist die anhaltende mikroseismische Aktivität im Norden der ELK 7/750 und deutlich nördlich der Einlagerungskammern im Bereich der Abbaue 5a/750 (Na2) und 5b/750 (Na2) (vgl. Anhang 5.8 auf Blatt 275). Hier liefen umfangreiche Bautätigkeiten der Faktenerhebung.

### **Mikroseismizität im zentralen Bereich der 700-m-Sohle und 750-m-Sohle**

Die mikroseismische Aktivität im zentralen Bereich der 700-m-Sohle hat sich im Berichtszeitraum 2020 insbesondere im Bereich des Schachts 2 fortgesetzt (s. Anhang 5.8 (Blätter 273–275), Anhang 5.12 ab Blatt 294).

Der Schwerpunkt dieses kompakten Clusters liegt etwas unterhalb der Strecke zum Schacht 2 auf der 700-m-Sohle. Im Vergleich zum Berichtszeitraum 2019 wurde keine wesentliche Veränderung beobachtet.

Bei der Baustoffanlage auf der 700-m-Sohle wurde im Berichtszeitraum 2020 ein deutlich ausgeprägtes Cluster beobachtet (s. Anhang 5.8 (Blätter 272–273)). Im Zusammenhang mit der teilweisen Betonage des stark geschädigten Bereichs wurde hier vermehrte Mikroseismizität beobachtet.

Beim Füllort des Schachts 4 auf der 700-m-Sohle und bei den Füllörtern der Schächte 2 und 4 auf der 750-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum 2020 ähnlich wie 2019 [16] und 2018 [17] einzelne Ereignisse beobachtet (Anhang 5.8 (Blätter 275–277)).

### **Mikroseismizität im Bereich der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle**

Im Bereich der nördlichen und beim Abzweig zur 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum 2020, ähnlich wie in den Berichtszeiträumen 2015 bis 2019 [16],[17],[18],[20],[21] gehäuft mikroseismische Ereignisse beobachtet (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 274–276)). Es handelt sich um einen stark vorgeschädigten und hoch beanspruchten Bereich mit hohem Durchbaugrad (vgl. [27], Abschnitt 4.7 auf Blatt 145).

Es wurden insbesondere gehäuft Ereignisse entlang des östlichen Teils der nördlichen Richtstrecke nach Osten und in der Umgebung der Faktenerhebung beobachtet.

In diesem Bereich überlagern sich die mit zeitlichem Versatz auftretenden stabilisierenden Effekte bereits durchgeführter Betonagen mit den Effekten später durchgeführter Stabilisierungsmaßnahmen,

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 43

die zunächst mikroseismische Ereignisse auslösen. Ab 2015 wurden teils großvolumige Stabilisierungsmaßnahmen umgesetzt, in deren Folge die mikroseismische Ereignisrate angestiegen ist. Der qualitative Verlauf der Rate korreliert weitestgehend mit den Verfüllmaßnahmen. Quantitativ gibt es keine Korrelation zum Verfüllvolumen. Nach der Verfüllung im Bereich des Abbaus 4a/750 (Na2) im November 2017 sind die mikroseismischen Raten erneut stark angestiegen. Seitdem sind die Raten tendenziell rückgängig und liegen unterhalb der Rate vor der Verfüllung.

Im östlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Osten sind die Ereignisraten weiterhin hoch. Im westlichen Teil dieser Richtstrecke (Bereich Pausenplatz) ist die Rate dagegen deutlich zurückgegangen. Im Bereich der 2. verfüllten nördlichen Richtstrecke nach Osten ist die Aktivität weiterhin sehr gering.

### **Mikroseismizität bei den Reicheltsümpfen und im nordwestlichen Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle**

Im Berichtszeitraum 2020 wurden, ähnlich wie in den Berichtszeiträumen 2018 und 2019, ein Cluster in der Nähe der Reicheltsümpfe im nordwestlichen Teil der 750-m-Sohle mit Schwerpunkt unterhalb dieser Sohle beobachtet (s. Anhang 5.8 (Blätter 275–277)). Im Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Westen und des 2. westlichen Querschlags wurden kleinere Ereignisgruppen registriert. Diese Bereiche zeichnen sich sowohl durch starke Vorschädigung, Feuchtigkeit als auch durch geologische Trennflächen aus.

### **Mikroseismizität im Bereich des PAE-Felds und HAW-Felds auf der 800-m-Sohle und den Sumpfstrecken dazwischen**

Im Bereich des PAE-Feldes auf der 800-m-Sohle und im Bereich des benachbarten westlichen Blindschachts wurden wie schon im Vorjahr einige mikroseismische Ereignisse beobachtet (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 276–278)).

Im Bereich des HAW-Versuchsfelds auf der 800-m-Sohle und seines Zugangs auf der 825-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum 2020 weiterhin Ereignisse beobachtet (s. Anhang 5.8 (Blätter 276–278)).

Im Berichtszeitraum 2020 wurde im Bereich der Kavernenstrecke auf der 825-m-Sohle etwas südlich der Sumpfstrecke 4, wie schon im vorherigen Berichtszeitraum, ein kleineres Cluster beobachtet. Einzelne Ereignisse wurden außerdem etwas nordöstlich der Sumpfstrecke 1 registriert.

### **Mikroseismizität im Bereich der Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle**

Südlich der Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle wurde ein Cluster von mikroseismischen Ereignissen, insbesondere im November und Dezember 2020, beobachtet (vgl. Anhang 5.8 (Blätter 278–279)). In diesem Zeitraum wurde der Zugang zu den Salzgewinnungsstrecken betoniert.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 44

#### 2.4.4.5 Mikroseismizität südlich bis südöstlich unterhalb des Grubengebäudes und im Deckgebirge unterhalb des 574-m-Niveaus

Unterhalb der 574-m-Sohle wird die Mikroseismizität im Deckgebirge und in grubenfernen Bereichen der Salzstruktur von einer großräumigen Häufung südöstlich des Grubengebäudes dominiert (vgl. z. B. [16], [17], [18], [20], [21]).

Hier wurden in den letzten Jahren vielfach die stärksten Ereignisse im gesamten überwachten Bereich beobachtet.

Die erhöhte Mikroseismizität südöstlich der unteren Sohlen wurde in der Vergangenheit im Wesentlichen den mechanischen Eigenschaften des hier vermuteten Anhydrits zugeschrieben, der auch langsamen Verformungen des angrenzenden Salzes am östlichen Baufeldrand nicht durch Fließen folgen kann, aber bis zum Bruch relativ große Spannungen aufnimmt, so dass die einzelnen mikroseismischen Ereignisse relativ hohe Magnituden aufweisen können. Möglicherweise spielt zusätzlich auch anstehende Salzlösung in diesem Bereich [7], [28], [29] für die Ausprägung der Mikroseismizität eine Rolle.

Südlich bis südöstlich der Grube auf dem Niveau der unteren Sohlen wurden im Jahr 2020 etwas weniger Ereignisse beobachtet als 2019 (s. Anhang 5.12, Bilder 38 bis 39 (Blätter 296–297) sowie [16], [17], [18] und [21]). Einige Ortungsergebnisse liegen deutlich östlich des Grubengebäudes. Wie in der Vergangenheit gab es auch im Berichtszeitraum 2020 deutliche zeitliche Variationen in der Ereignisrate.

Es ist auch anhand manuell lokalisierter Ereignisse aufgrund der Lokalisierungsungenauigkeit nicht eindeutig zu erkennen, ob es sich um ein langgestrecktes mikroseismisches Cluster handelt, das sich vom Anhydrit am südlichen Deckgebirge mit zunehmender Tiefe weiter nach Norden erstreckt, oder ob es sich um mehrere benachbarte Bereiche lokal erhöhter Mikroseismizität mit im Detail unterschiedlichen Ursachen handelt (vgl. [20]):

- Bereich der Grenze zwischen Deckgebirge und Salzbarriere mit Schwerpunkt auf dem Niveau der 725-m-Sohle,
- Bereich an der südlichen Steinsalz-Kalisalz-Grenze mit Schwerpunkt etwa auf dem Niveau der 825-m-Sohle,
- Bereich an der nördlichen bzw. unteren Kalisalz-Steinsalz-Grenze mit Schwerpunkt etwa auf dem Niveau der 900-m-Sohle.

Die innerhalb des Grubengebäudes kartierten petrographischen Schichtgrenzen und das bisher daraus abgeleitete geologische Modell können die beobachteten mikroseismischen Ereignisse nicht hinreichend erklären. Trotz der langen offenen Standzeit ist die aus der Konvergenz erwartete nicht gleichförmige Bewegung in einigen Dekametern Entfernung von der Grube nicht so groß, dass selbst beim Vorhandensein von Anhydrit Mikroseismizität im beobachteten Ausmaß zu erwarten wäre. Hier könnten auch struktureologische und hydrogeologische Aspekte (z. B. tektonische Schwächezonen) eine wesentliche Rolle spielen.

#### 2.4.4.6 Besondere mikroseismische Überwachung der Firstspaltverfüllung

Die im Rahmen der Überwachung der Firstspaltverfüllung (vgl. Kapitel 3 auf Blatt 53 sowie Anhang 1.3 auf Blatt 203) entsprechend des SBPL 17/2009 bis zum 30.09.2019 festgelegte und in [30] ausführlich beschriebene Schwelle bezüglich der mikroseismischen Ereignisrate ist im Berichtszeitraum 2020 mehrfach überschritten worden (Anhang 5.7, Bild 17 auf Blatt 261). Den Überschreitungen der Meldeschwelle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 45
---	-----------

liegen ein allgemeiner Anstieg der mikroseismischen Aktivität gegenüber dem Referenzzeitraum in 2008 und temporäre, lokale Häufungen mikroseismischer Ereignisse, die teilweise im Zusammenhang mit bergmännischen Maßnahmen auftraten, zugrunde. Dabei spielte das gleichzeitige Auftreten lokaler Häufungen in verschiedenen Bereichen (mit Ausnahme der Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750, die bei der mikroseismischen Überwachung nach dem SBPL 17/2009 nicht berücksichtigt werden) eine Rolle. Die mikroseismischen Raten unterliegen starken temporären Fluktuationen.

Mikroseismische Ereignisse im Zusammenhang mit der Auffahrung von Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle mit Anbindung an die 700-m-Sohle haben maßgeblich zur erhöhten mikroseismischen Aktivität im Berichtszeitraum beigetragen (vgl. Anhang 5.8 auf Blatt 278).

Aufgrund des hohen Grundlevels der mikroseismischen Aktivität führten teils geringe zusätzliche Erhöhungen der Mikroseismizität, die durch Schädigungsprozesse verursacht und teils durch betriebliche Arbeiten ausgelöst wurden, zu Überschreitungen der Schwelle. Überschreitungen der Schwelle mussten bis 2019 dem LBEG gemeldet werden. Sie dienen derzeit als Orientierung für das zum jeweiligen Zeitpunkt aktuelle mikroseismische Aktivitätsniveau im Bereich des Grubengebäudes (ohne die Bereiche um ELK 4/750 und ELK 6/750).

#### 2.4.5 Fazit

Die beobachtete mikroseismische Aktivität hat im Vergleich zum Vorjahr abgenommen (vgl. Anhang 5.6, Bild 16 auf Blatt 260).

Gemessen an der mikroseismischen Ereignisrate (automatisch lokalisierte Ereignisse) hat sich diese im Jahr 2020 deutlich um etwa 14 % gegenüber 2019 reduziert (vgl. Tabelle 2.6 auf Blatt 37). Mit dazu beigetragen hat der signifikante Rückgang im Bereich des seit Dezember 2007 beobachteten Clusters bei der ELK 4/750 nach zahlreichen Stabilisierungsmaßnahmen in seiner Umgebung.

Die kumulative Energie ist über den gesamten Berichtszeitraum 2020 gleichmäßig und mit geringer Steigung angestiegen, was auf eine Ereignisrate mit wenigen starken Schwankungen und ohne besonders starke Einzelereignisse zurückzuführen ist. Damit gleicht sie seit ungefähr Oktober 2019 wieder der Steigung vor dem temporären Anstieg im Februar 2019 (vgl. Anhang 5.6, Bild 15 auf Blatt 259). Viele der starken Ereignisse wurden weiterhin südöstlich unterhalb des Grubengebäudes lokalisiert.

Bereiche erhöhter mikroseismischer Aktivität im Berichtszeitraum 2020 liegen weiterhin im Bereich der unteren Sohlen. Insbesondere wurden bei der ELK 4/750, bei der ELK 6/750 im Sattelkern sowie südöstlich bis östlich der Grube auf dem Niveau der unteren Sohlen und unterhalb davon weiterhin Ereignishäufungen beobachtet.

Die vielfach lokal gehäuft auftretenden mikroseismischen Ereignisse, denen Mikroriss- und Rissbildung zugrunde liegt, spiegeln eine weiterhin fortlaufende Schädigung des Tragsystems wider. Auch lokale Häufungen mikroseismischer Ereignisse, die durch bergmännische Aktivitäten geringen Umfangs getriggert werden, weisen auf vulnerable Bereiche hin. Wärme und Feuchteintrag durch Betonagen sowie lokale Spannungsänderungen können vor dem Einsetzen der Stabilisierungswirkung lokal erhöhte Mikroriss- und Rissbildung hervorrufen. Die Entwicklung der Mikroseismizität zeigt die stabilisierende Wirkung von Verfüllmaßnahmen – insbesondere durch das Abklingen lokaler Häufungen bis unter das Niveau der mikroseismischen Aktivität vor Beginn der Betonage.

Im Kontext mit den weiteren Monitoringergebnissen wird die Mikroseismizität für das Baufeld an der Südflanke in Kapitel 4 auf Blatt 58 ff, die sensiblen Infrastrukturbereiche in Kapitel 3 auf Blatt 53 ff und für die Gesamtsituation in Kapitel 8 auf Blatt 186 ff bewertet.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 46

## 2.5 Mikroakustische Überwachung der Firsten der Abbaue 3/490 und 4/490

### 2.5.1 Messziele und Messsysteme

Am oberen Baufeldrand weisen die geotechnischen und geophysikalischen Messdaten eine hohe gebirgsmechanische Beanspruchung auf. Aufgrund der bereits erheblich geschädigten Schweben unterhalb der Abbaue 3/490 und 4/490 sowie der zu geringen Firstwölbung ist mit der Bildung von gewölbeartigen Auflockerungszonen im Hangenden und möglichen Firstablösungen zu rechnen. Da diese Abbaue infrastrukturell genutzt werden, wurde 2013 ein mikroakustisches Messsystem in den Abbauen 3/490 und 4/490 installiert, um die Schädigungsentwicklung kontinuierlich beobachten zu können. Nach Optimierungen, Erweiterungen und Anpassungen an die lokalen Verhältnisse wurde das System im Herbst 2015 in das Monitoringprogramm der Standortüberwachung übernommen. Gegenüber den Beschreibungen von Messsystem, Messdurchführung, Sensitivität und Genauigkeit auf den Blättern 56 bis 58 des Jahresberichts 2018 [17] gab es keine Veränderungen. Vom 31.12.2020 um 21:29 Uhr bis zum 05.01.2021 war die Anlage zur Überwachung des Abbaus 3/490 ausgefallen (technische Störungen sind in den Darstellungen nicht berücksichtigt).

Die Ergebnisse der mikroakustischen Firstüberwachung und die mikroakustischen Aktivität südlich der Abbaue werden mit dem Fokus auf das Kalenderjahr 2020 für den Abbau 3/490 im Abschnitt 2.5.2 (Blätter 46 bis 49), und für den Abbau 4/490 im Abschnitt 2.5.3 (Blätter 49 bis 51) erläutert. Die der Interpretation zu Grunde liegenden Ereignisse sind in Anhang 6.1 (Bild 40 bis Bild 47 auf den Blättern 300 bis 302) bzw. Anhang 6.2 (Bild 48 bis Bild 54 auf den Blättern 303 bis 305) visualisiert. Eine Gesamtdarstellung der Situation in den Abbauen 3/490 und 4/490, einschließlich einer über das Fazit aus den mikroakustischen Beobachtungen (Abschnitt 2.5.4 auf Blatt 51) hinausgehenden Gesamtbewertung, in die weitere Beobachtungen eingeflossen sind, erfolgt in Abschnitt 4.1 auf Blatt 58.

### 2.5.2 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 3/490

Gebirgsmechanische, mikroakustische Ereignisse beim Abbau 3/490 wurden insbesondere im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 bis etwa 10 m oberhalb der Firste und südlich des Abbaus entlang der Grenze zum Deckgebirge beobachtet (vgl. Abbildung 2.2 auf Blatt 47 und Anhang 6.1, Bilder 40 bis 42 auf Blatt 300). Darüber hinaus wurde vom Abbau 4/490 aus Aktivität am Oststoß des Abbaus 3/490 beobachtet (vgl. Abschnitt 2.5.3, Blätter 49 bis 51, insbesondere Abbildung 2.3 auf Blatt 50). Die Ereignisrate südlich des Abbaus ist weiterhin deutlich höher als oberhalb der Abbaufirste (vgl. im Anhang 6.1 auf Bild 43 und Bild 44 auf Blatt 301).

Die mittlere Ereignisrate im Bereich Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 hat sich gegenüber dem Jahr 2019 nochmals etwas erhöht. Sie schwankte im Kalenderjahr 2020 zwischen 80 und 120 Ereignissen pro Tag (in den Betriebsruhephasen).

Die mittlere Ereignisrate über der Abbaufirste betrug wie im Jahr 2019 knapp 16 Ereignisse pro Tag (in Betriebsruhephasen). Dabei hat der Anteil der Ereignisse mit Magnituden zwischen 40 dB und 60 dB zugenommen.

Im Januar 2021 gab es einen kurzzeitigen starken Anstieg in der Ereignisrate (den höchsten seit 2016) im Bereich der Abbaufirste (vgl. Anhang 6.1, Bild 44 auf Blatt 301).

Die räumliche Verteilung der mikroakustischen Aktivität in der Firste des Abbaus 3/490 in drei größer gefassten Bereichen (B3/1 bis B3/3) erhöhter Aktivität und sechs konzentrierten Clustern (C3/1 bis C3/6) hat sich im Vergleich zum Vorjahr wenig geändert. Die Aktivität wurde während der Betriebsruhephasen

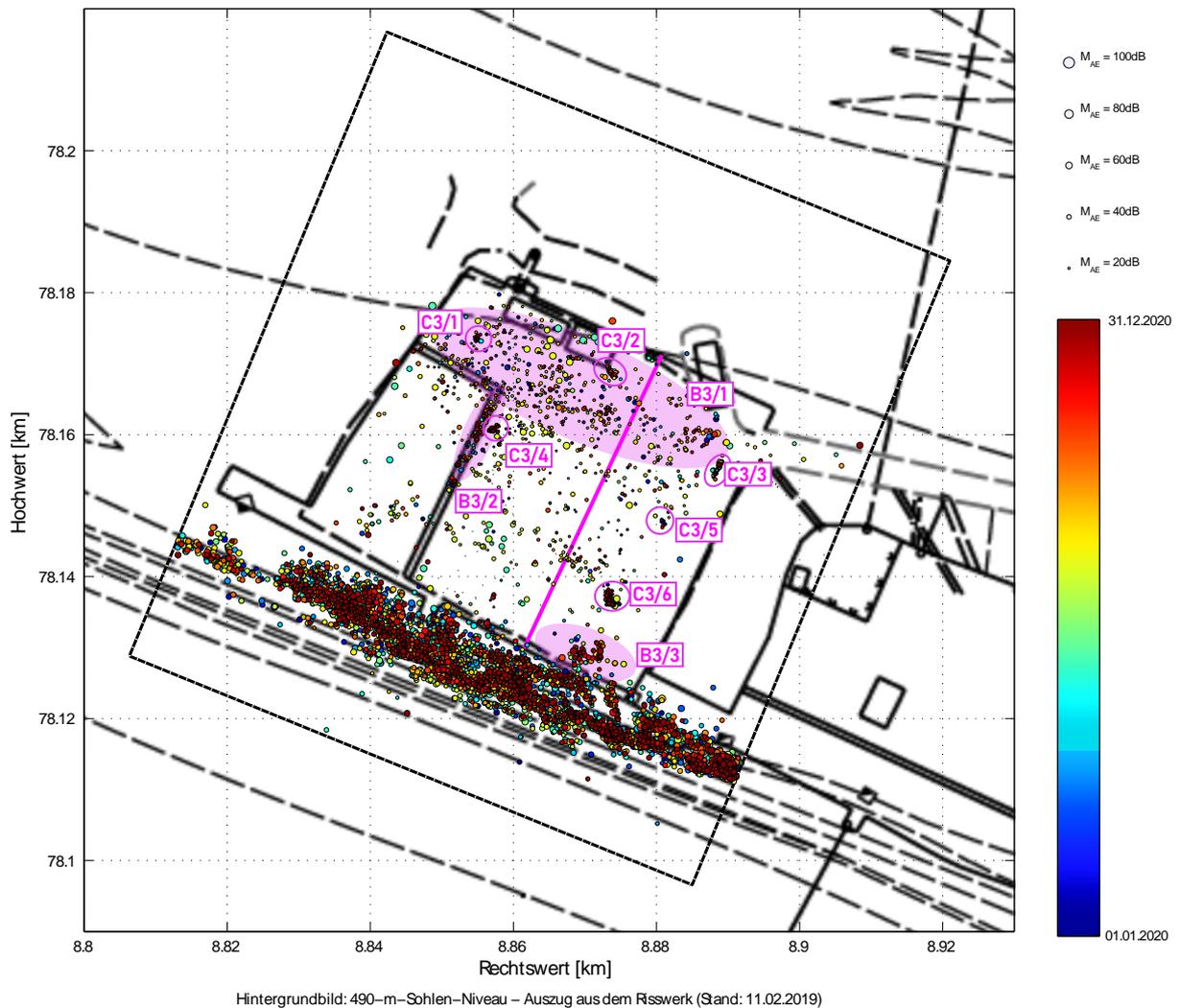


Abbildung 2.2: Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse im Firstbereich und bei der Grenze Salz-Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2020 und Zuordnung zu drei Ereignis-Bereichen (mit „B3/1“, „B3/2“ und „B3/3“ bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und sechs Ereignis-Clustern (pink eingekreist und mit „C3/1“ bis „C3/6“ bezeichnet). Siehe auch Anhang 6.1, Bilder 40 bis 42 auf Blatt 300.

des Jahres 2020 weiterhin insbesondere in folgenden Bereichen beobachtet (vgl. auch Abbildung 2.2 auf Blatt 47 und im Anhang 6.1, Bilder 40 bis 42 auf Blatt 300):

- Über dem nördlichen Drittel des Abbaus 3/490 (B3/1):** Wie schon seit Beginn des mikroakustischen Monitorings im Herbst 2015 wurden im Bereich über dem nördlichen Drittel des Abbaus 3/490 einschließlich des nördlichen Damms (Bereich B3/1 in Abbildung 2.2) mit etwas schwankender Intensität und leicht variabler räumlicher Verteilung mikroakustische Ereignisse von der Firste bis etwa 10 m oberhalb der Firste beobachtet. Die Lokalisierungen häuften sich zum einen entlang von Flächen, die in süd-südwestlicher Richtung einfallen und mit der Schichtung des Salzes korrelieren. Zum anderen traten drei temporär aktive Cluster (lokale Häufung von Ereignissen) über dem nördlichen Abbaudrittel auf: Das Cluster im nord-westlichen Teil des Abbaus 3/490 (Cluster C3/1 in Abbildung 2.2) zeigte wie schon im vergangenen Berichtszeitraum eine hohe Aktivität gegen Anfang des Jahres, dann weitestgehend Inaktivität und gegen Ende Dezember 2020 war

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 48

es wieder sehr aktiv. Das Cluster über dem süd-östlichen Rand des Fassungsbeckens im Norden (C3/2) hatte seine Aktivitätshöhepunkte ebenfalls gegen Anfang und Ende des Berichtszeitraumes (2020), zeigte jedoch über das gesamte Jahr weitestgehend durchgängig geringe Aktivität. Es befindet sich ca. 6 bis 8 m über der Firste und liegt mutmaßlich auf einer der in süd-südwestlicher Richtung einfallenden Schichtgrenzen im Salzgestein. Wie schon in früheren Jahren sind im Zugangsbereich des Abbaus kleinere, temporär aktive Cluster in Firstnähe lokalisiert worden (C3/3). Im Verlauf des Jahres wurde hier allerdings stetig weniger Aktivität beobachtet. Im Juni und September wurden zudem vermehrt stärkere Ereignisse beobachtet, welche am Nord- und Weststoß (Juni) und verteilt über der nördlichen Abbauhälfte (September) lokalisiert wurden (vgl. auch Anhang 6.1, Bild 44 auf Blatt 301).

- **Beim nördlichen Teil der Mauer zwischen LSB 1 und LSB 2 (B3/2):** In diesem Bereich wurde insbesondere direkt über der Mauer, welche das Lösungsspeicherbecken (LSB) 1 vom LSB 2 trennt, erhöhte mikroakustische Aktivität registriert. Ein im Januar 2016 zum ersten Mal beobachtetes Cluster in der Firste über dem nördlichen Teil des Damms zwischen LSB 1 und LSB 2 (C3/4) beim „Riss 1“ (vgl. [20]) war weiterhin mit stark schwankender Intensität aktiv.
- **Über dem süd-östlichen Teil des Abbaus 3/490 (B3/3):** Über dem Südrand des LSB 3 wurde wie auch in den Vorjahren eine lokale Häufung von Ereignissen entlang eines ungefähr parallel der Grenze Salz–Deckgebirge liegenden Flächensegments beobachtet. Das im Vorjahr beobachtete Cluster (C3/5) etwas mittig über der Nordhälfte des LSB 3 war nur zu Beginn des Berichtszeitraumes noch aktiv. Das Cluster (C3/6) etwas südlich davon war erst ab Dezember 2020 wieder aktiv.

Die temporär auftretenden Cluster im Firstbereich scheinen einem saisonalen Muster zu folgen, wobei die mikroakustische Aktivität im Herbst/Winter offenbar zunimmt, während in den Sommermonaten eine geringere Aktivität in der Firste beobachtet wird (vgl. Anhang 6.1, Bild 44 auf Blatt 301). Diese deutlichen saisonalen Veränderungen in der mikroakustischen Aktivität wurden nur im Firstbereich des Abbaus 3/490 mit den firstnahen Clustern C3/1, C3/4 und C3/6 beobachtet. Die Aktivität korreliert hier in etwa mit den saisonalen Temperaturveränderungen und den resultierenden Feuchteänderungen im Abbau (vgl. [16]). Ein kausaler Zusammenhang ist wahrscheinlich, jedoch sind weitere wesentliche Einflussfaktoren möglich. Bei der Interpretation der momentanen mikroakustischen Aktivität sind neben der aktuellen Aktivität auch der langfristige Verlauf und die zyklischen Muster zu berücksichtigen. Im aktuellen Kalenderjahr 2021 ist zudem eine sehr starke, kurzzeitige Erhöhung der Ereignisrate im Firstbereich in Abbau 3/490 beobachtet worden (vgl. Anhang 6.1, Bild 44 auf Blatt 301). Dieser Anstieg liegt zwar in der saisonal bedingten Hochzeit, ist aber bemerkenswert, da es (auch ohne Berücksichtigung des Anlagenausfalls am Jahreswechsel) die höchsten Raten sind, die seit Mitte 2016 (Betonage des Lösungsspeicherbeckens 1) registriert wurden. Aktuell ist die Rate wieder zurückgegangen und liegt auf dem üblichen geringen Niveau (Stand März 2021).

Südlich des Abbaus 3/490 wurde seit Beginn der mikroakustischen Messungen Anfang 2013 bis heute intensive, bis mehrere Dekameter über die Firste reichende mikroakustische Aktivität entlang ungefähr paralleler, steil in süd-südwestlicher Richtung einfallender Flächensegmente beobachtet (vgl. Anhang 6.1 auf Blatt 300 Bild 41 und Bild 42). Die Flächen entsprechen in etwa dem vermuteten Verlauf von Materialgrenzen am Übergang Salz–Deckgebirge. Südlich des Abbaus 3/490 wurde (mit Ausnahme des Zeitraums während und nach der Betonage der Platte auf dem LSB 1 im Sommer 2016) mehr mikroakustische Aktivität als im Bereich der Firste beobachtet.

Innerhalb der zentralen Fläche am Übergang Salz–Deckgebirge gibt es insbesondere oberhalb der Abbaufirste steil einfallende und senkrecht zum Streichen verlaufende Linien erhöhter Aktivität, die sich mit Streifen geringer Aktivität abwechseln (vgl. Anhang 6.1, Bild 42 auf Blatt 300). Mögliche Erklärungen für die Linien erhöhter Aktivität können erhöhte Grenzflächenrauigkeit und/oder Schwächung des

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 49

Materials sein. Jedoch liegen, anders als für den mittels Radar untersuchten Bereich südlich von Abbau 4/490 (vgl. [17]), für den Bereich südlich des Abbaus 3/490 keine unabhängigen, belastbaren Informationen über den Verlauf und die Ausprägung der Grenzflächen vor.

Während die großräumige Verteilung der mikroakustischen Ereignisse in der Umgebung des Abbaus 3/490 mit modellierten Beanspruchungen gut harmonisiert, passt die Feinstruktur der Verteilung zu bekannten und vermuteten Verläufen von Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Gesteinen (vgl. [17]). Das heißt, die durch die Verteilung der mikroakustischen Ereignisse sichtbar gemachten Flächen entsprechen der Feinschichtung im Salz über dem nördlichen Drittel des Abbaus 3/490 bzw. Materialgrenzen im Bereich der Grenze Salz–Deckgebirge. Es ist zu erwarten, dass Mikrorissbildung mit erhöhter mikroakustischer Aktivität an vorgeprägten Schwächezonen und an Materialgrenzen zwischen Medien mit unterschiedlichen elastischen und rheologischen Eigenschaften, insbesondere bei signifikanter Scher- sowie Zugbeanspruchung und bei Spannungsänderungen, übereinstimmt. Außerdem kann die Form bzw. Struktur der Grenzfläche die Aktivität beeinflussen.

### 2.5.3 Ergebnisse der mikroakustischen Überwachung im Bereich des Abbaus 4/490

Von der mikroakustischen Firstüberwachung des Abbaus 4/490 werden neben mikroakustischen Ereignissen oberhalb der Abbaufirste insbesondere auch Ereignisse im Bereich des im Herbst 2018 errichteten Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490 und am Übergang Salz–Deckgebirge südlich des Abbaus 4/490 und am Oststoß des Abbaus 3/490 erfasst (Abbildung 2.3 auf Blatt 50 und im Anhang 6.2, Bilder 48 bis 50 auf Blatt 303).

Ähnlich wie beim Abbau 3/490 (Abschnitt 2.5.2, Blätter 46 bis 49) wurde südlich bis südlich-oberhalb des Südstoßes des Abbaus 4/490 seit Beginn des mikroakustischen Monitorings eine sehr große Anzahl von Ereignissen im Übergangsbereich Salz–Deckgebirge beobachtet. Die näherungsweise flächigen Häufungen fallen mit bekannten und vermuteten Materialgrenzen zusammen. Mit Ausnahme der stark erhöhten mikroakustischen Aktivität im Zusammenhang mit der Errichtung eines Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490 im Herbst 2018 wurde südlich des Abbaus 4/490 mehr mikroakustische Aktivität beobachtet, als im Bereich der Abbaufirste (vgl. Anhang 6.2, Bilder 51 und 52 auf Blatt 304). Aktivität südlich des Abbaus 4/490 wurde bis mehrere Dekameter über die Firste beobachtet. Sie war südlich des mittleren Abschnittes des Südstoßes besonders intensiv ausgeprägt. Bei Radarmessungen im Jahr 2018 wurde hier ein deutlich unruhiger Verlauf der Reflektionen am Übergang Salz–Deckgebirge festgestellt [17].

Infolge der Betonage des Stützbauwerks entlang des Südstoßes des Abbaus 4/490 (zur Unterfangung eines stark aufgelockerten Bereichs, der sich mikroakustisch durch zwei firstnahe Streifen besonders ausgeprägter Aktivität abgezeichnet hatte; vgl. z. B. [18], [21],[16]) war die mikroakustische Aktivität beim Abbau 4/490 im letzten Quartal des Jahres 2018 sowohl im Firstbereich als auch südlich des Abbaus temporär sehr stark angestiegen (vgl. [16] und im Anhang 6.2, Bild 52 auf Blatt 304 und Bild 51 auf Blatt 304). Nach einem sehr zügigen Rückgang der Ereignisrate zum Jahresende 2018 folgten Anfang 2019, Mitte 2019, Anfang 2020 und Ende 2020 weitere weniger ausgeprägte temporäre Anstiege der Ereignisrate im Firstbereich (einschließlich des Stützbauwerkes). Bis auf den sehr deutlichen, aber ausschließlich von schwächeren Magnituden geprägten Anstieg in der Mitte des Jahres 2019 wurden alle temporären Anstiege auch von deutlichen Anstiegen der Ereignisrate an der Grenze Salz–Deckgebirge begleitet (vgl. im Anhang 6.2, Bild 52 auf Blatt 304 und Bild 51 auf Blatt 304). Seit dem Frühjahr 2020 liegt die Rate der Ereignisse und Magnituden ab 40 dB im Bereich der Firste im Mittel unter der entsprechenden Rate vor der Errichtung des Stützbauwerkes (vgl. im Anhang 6.2, Bild 52 auf Blatt 304). Die Rate schwacher Ereignisse ist ähnlich wie vor der Betonage (vgl. Anhang 6.2, Bild 52 auf Blatt 304).

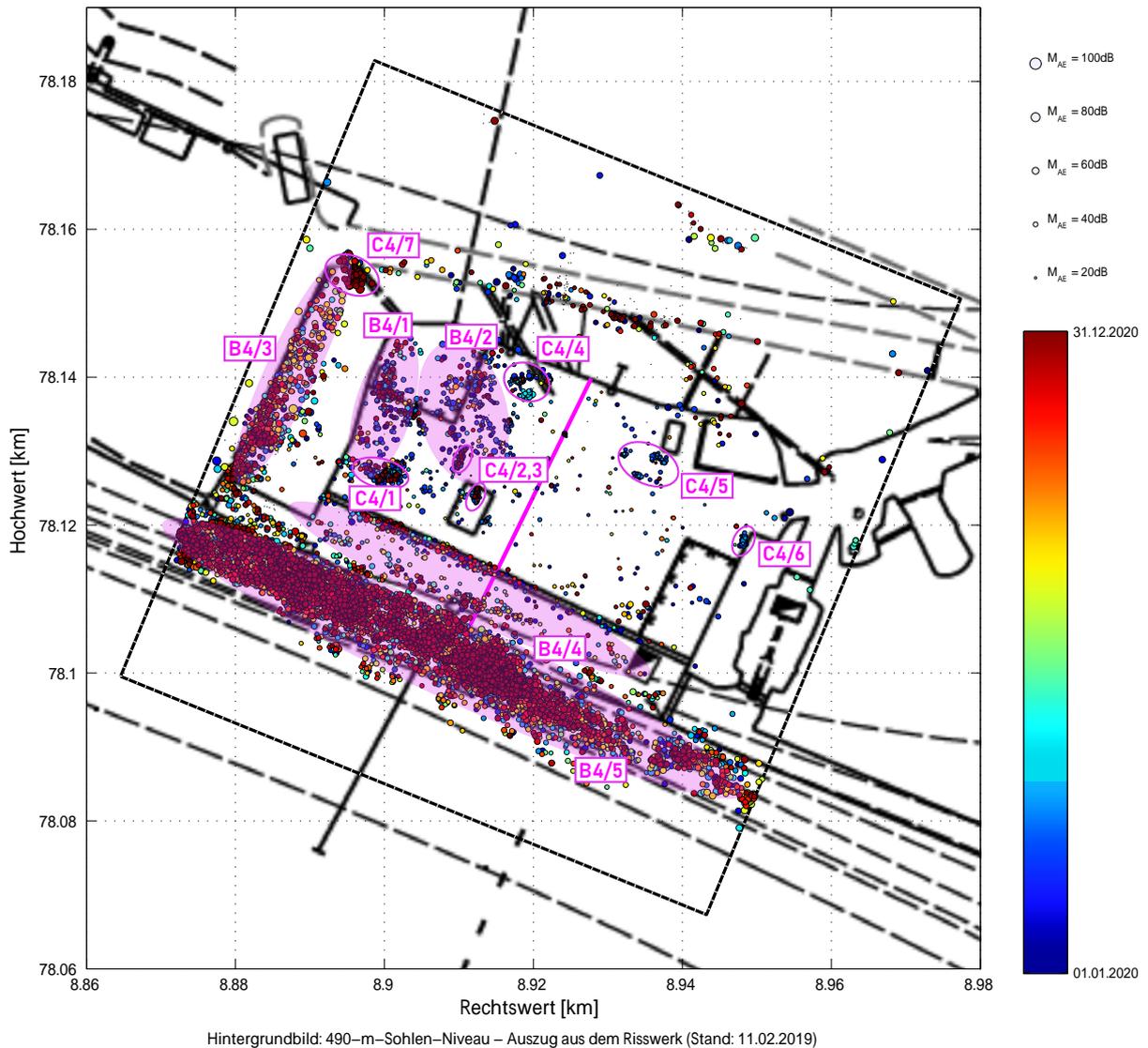


Abbildung 2.3: Laterale Verteilung der mikroakustischen Ereignisse beim Abbau 4/490 in Betriebsruhephasen im Jahr 2020 und Zuordnung zu fünf Ereignis-Bereichen (mit „B4/1“ bis „B4/5“ bezeichnete, ausgefüllte, hellrosa Ellipsen) und Ereignis-Cluster (pink eingekreist und mit „C4/1“, „C4/2,3“, „C4/4“, „C4/5“, „C4/6“ und „C4/7“ bezeichnet). Zur Lage im Raum siehe Anhang 6.2, Bilder 48 bis 50 auf Blatt 303 sowie Bilder 53 und 54 auf Blatt 305.

KQM\_Textblatt\_REV11\_Stand-2018-04-16

Die Ereignisrate im Bereich des Übergangs Salz-Deckgebirge ist dagegen, im Vergleich zum Niveau vor Beginn der Betonage im Herbst 2018, weiterhin etwas erhöht und liegt seit dem Frühjahr 2020 bei etwa 250 Ereignissen pro Tag (vgl. Anhang 6.2, Bild 51 auf Blatt 304). Der Verspannungsprozess, den der Bau des Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus 4/490 ausgelöst hat, hat an Dynamik deutlich abgenommen.

Nördlich des ursprünglichen Südstoßes des Abbaus 4/490 wurde mikroakustische Aktivität insbesondere in folgenden Bereichen beobachtet (vgl. Abbildung 2.3 auf Blatt 50 und Anhang 6.2, Bild 54 auf Blatt 305):

- **Firstbereich über dem Abbau 4/490 (B4/1 und B4/2):** Erhöhte mikroakustische Aktivität reicht

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 51

bis ca. 5 m über die Firste, wobei mehrere temporär sehr aktive Cluster und Ereignisgruppen im sehr firstnahen Bereich bis ca. 1 m über der Firste beobachtet wurden (vgl. Anhang 6.2, Bild 48 und Anhang 6.2, Bild 49 auf Blatt 303). Im Verlauf des Jahres 2020 hat die Aktivität insgesamt in diesen Bereichen deutlich abgenommen. Es werden zwar noch immer Ereignisse an den schon im vergangenen Jahr beobachteten Clustern beobachtet, allerdings hat sich deren Aktivität deutlich verringert bzw. waren sie über Monate kaum aktiv. Am Jahresende 2020 hat die Aktivität jedoch temporär zugenommen. Die Cluster C4/1, C4/2 und C4/3 haben sich im Vergleich zum vorherigen Berichtszeitraum räumlich kaum verändert. Bei Cluster C4/4 hat sich die Aktivität dagegen etwas in südwestlicher Richtung verlagert und bei Cluster C4/5 sind zwei weitere sehr gering aktive Cluster in unmittelbarer Nähe entstanden. Etwas breiter gestreut sind zahlreiche weitere Ereignisse, die sich entlang des westlichen Abbaurands bis über das abgezaunte Schachtlager im nordwestlichen Teil sowie von diesem ausgehend bis über den zentralen Bereich des Abbaus verteilen. Diese Cluster und Gruppen haben gemeinsam, dass sie nicht durchgehend, sondern temporär aktiv sind. Sie fallen zum Teil mit kleinen visuell beobachteten Auflockerungen und kleinen Rissen zusammen (vgl. [17]). Bei den Schwankungen der firstnahen mikroakustischen Aktivität handelt es sich vermutlich wie bei Abbau 3/490 zumindest teilweise um saisonale bzw. wetterbedingte Schwankungen durch Temperatur- und Feuchteänderungen.

- **Oststoß des Abbaus 3/490 (B4/3):** Im westlichen Teil des Pfeilers zwischen Abbau 3 und 4 wird wie schon in den Vorjahren weiterhin erhöhte mikroakustische Aktivität beobachtet. Im Zugangsbereich zu Abbau 3/490 ist das Cluster C4/7 aktiver geworden.
- **Stützbauwerk im südlichen Teil des Abbaus 4/490 (B4/4):** Nach einem sehr starken Anstieg der mikroakustischen Aktivität mit der Betonage des Stützbauwerkes im Herbst 2018 hat sich die Ereignisrate im Laufe der vergangenen zwei Jahre stark verringert und ist nun weitestgehend konstant (vgl. Anhang 6.2, Bild 51 auf Blatt 304). Insbesondere direkt über dem westlichen Teil der Begrenzungsmauer zum Abbau sowie am ehemaligen Südstoß ist lokal erhöhte mikroakustische Aktivität verblieben.

Im Firstbereich über dem östlichen Teil des Abbaus wurde nur sehr geringe mikroakustische Aktivität beobachtet. Lediglich das Cluster C4/6 zeigte zu Beginn des Jahres 2020 geringe Aktivität und ist mittlerweile wieder vollständig abgeklungen. Es ist möglich, dass dies Nachwirkungen bergmännischer Aktivitäten waren.

## 2.5.4 Fazit

Aufgrund hoher Beanspruchung und der nicht ausreichenden Firstwölbung in den Abbauen 3/490 und 4/490 ist weiterhin mit zunehmenden Schädigungen zu rechnen die zu weiteren Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit führen können. Ein intensives Monitoring einschließlich mikroakustischer Überwachung, um erhöhte Mikroriss- und Rissbildung zeitnah festzustellen und zügig reagieren zu können, ist weiterhin erforderlich.

Eine akute Gefahr ließ sich aus den beobachteten mikroakustischen Ereignissen bislang (Stand März 2021) nicht ableiten, jedoch deutet die anhaltende mikroakustische Aktivität im stark beanspruchten Firstbereich über dem nördlichen Teil des Abbaus 3/490 auf kontinuierliche Auflockerung entlang der Grenzflächen der Internschichtung des Leinsteinsalzes hin. Die temporär aktiven firstnahen Cluster, die räumlich teils mit bekannten Rissystemen zusammenfallen, sind Hinweise darauf, dass die Rissbildung weiterhin stattfindet. Es gibt keine Hinweise auf eine Entschärfung der Situation.

Im Firstbereich der östlichen Hälfte in Abbau 4/490 ist die mikroakustische Aktivität gering. Die westliche Hälfte des Abbaus zeigte erhöhte Ereignisraten zu Beginn des Berichtszeitraumes. Im Verlauf des

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 52

Jahres sank jedoch die Rate für Ereignisse mit Magnituden ab 40 dB im Mittel bis unter die Rate, welche vor den Stabilisierungsmaßnahmen beobachtet wurde. Der temporäre Wiederanstieg am Jahreswechsel 2020/2021 ist deutlich geringer ausgefallen.

Mit den gegen Ende 2018 beendeten Baumaßnahmen im südlichen Teil des Abbau 4/490 wurde die dortige problematische Firstsituation entschärft. Die immer noch hohen Ereignisraten im Bereich Salz–Deckgebirge könnten ein Hinweis darauf sein, dass der Verspannungsprozess noch nicht vollständig abgeschlossen ist. In Richtung Südstoß bewirkt die Verspannung eine zunehmende Normalspannung auf die Kontur. Dies könnte Spannungsdifferenzen und zumindest tendenziell auch die Aktivität im Südstoß etwas reduzieren.

Die der mikroakustischen Aktivität zugrundeliegende Mikrorissbildung ist in der Regel ein Indiz für Auflockerung und Erhöhung der Permeabilität. Sie kann jedoch auch im Zusammenhang mit der Kompaktierung eines zuvor aufgelockerten Bereichs auftreten, d. h. im Zusammenhang mit einem längerfristigen zur Verringerung der Permeabilität führenden Prozess. Ein Zusammenhang zwischen der mikroakustischen Aktivität an der Grenze Salz–Deckgebirge und der Entwicklung der Fassungsrate an der Hauptauffangstelle im Abbau 3/658 wurde bisher nicht festgestellt.

Bei der vorgesehenen Betonage des Abbaus 3/490 ist mit ähnlichen Beobachtungen wie nach der Errichtung des Stützbauwerks im Abbau 4/490 zu rechnen, insbesondere im Bereich des Übergangs zum Deckgebirge, das nur durch eine sehr dünne Salzbarriere vom Abbau getrennt ist.

In Abschnitt 4.1 auf Blatt 58 wird die Gebrauchstauglichkeit der Abbaue 3/490 und 4/490 basierend auf den Mikroakustikergebnissen zusammen mit den weiteren Monitoringergebnissen diskutiert.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 53

### 3 Überwachung des Baufeldes an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle

Aufgrund des hohen Durchbauungsgrades und der langen offenen Standzeit unterliegen die Tragelemente (Pfeiler und Schweben) des Baufeldes an der Südflanke zunehmenden Entfestigungs- und Verformungserscheinungen. Für eine bessere Vorstellung des Verformungsprozesses kann das Baufeld an der Südflanke als einseitig eingespannte Scheibe unter ständiger Belastung abstrahiert werden. In der Baufeldmitte findet eine *Pressung* und an den Baufeldrändern eine *Zerrung* statt. Das heißt unter der Last des Deckgebirges kommt es zu einer ständig anhaltenden Verformung der Pfeiler und Schweben. Daraus resultiert ein fortwährender Verformungseintrag in das Deckgebirge und dessen anteilige Beteiligung am Lastabtrag. Dadurch werden die am Lastabtrag beteiligten Bereiche des Deckgebirges langfristig überansprucht und in letzter Konsequenz überträgt sich der Lasteintrag aus dem Deckgebirge auf die Sattelflanke des Baufeldes. Dieser Prozess wird als Interaktion zwischen dem Baufeld an der Südflanke und dem Deckgebirge bezeichnet.

Durch die seit 1995 flächenhafte Einbringung von Versatz wurde eine Fortsetzung des Prozesses zwar minimiert, jedoch auf einem trotzdem steigenden Schädigungsgrad. Auch die seit zweieinhalb Jahrzehnten laufende Versatzphase zeigt noch keine ausreichende Stabilisierung des nachgiebig aufgefahrenen Tragsystems. Nach wie vor stellt eine Veränderung des Salzlösungszutritts insbesondere durch Erhöhung der täglich zutretenden Fluidmenge, Verringerung der Dichte sowie Verlagerung der Austrittsstelle die größte anzunehmende Gefährdung dar; dieser ist durch eine Fortsetzung der Stabilisierungsmaßnahmen entgegenzuwirken.

Zum besseren Verständnis der gebirgsmechanischen Prozesse und der Notwendigkeit einer Fortführung der Stabilisierungsmaßnahmen soll dieses Kapitel beitragen.

Für das Verhalten des Gesamtsystems sind aus gebirgsmechanischer Sicht drei Hauptphasen (Abbau-, Stand- und Versatzphase) von ausschlaggebender Bedeutung.

#### **Abbauphase**

Das Baufeld an der Südflanke wurde im Zeitraum von 1916 bis 1964 zur Steinsalzgewinnung mit ca. 3 Mio. m<sup>3</sup> aufgefahren und ist aufgrund seiner Lage und Größe für das gebirgsmechanische Verhalten von größter Bedeutung. Dort wurden von der 490- bis zur 750-m-Sohle insgesamt 13 Sohlen mit zumeist jeweils 9 Abbauen aufgefahren. Dadurch entstand ein rasterartiges Abbau-Pfeiler-Schweben-System mit einer durchschnittlichen Schwebenmächtigkeit von ca. 6 m und einer Pfeilerbreite von ca. 12 m mit einem Zentralpfeiler von ca. 20 m Mächtigkeit zwischen den Abbaureihen 4 und 5, welcher das Haupttragelement darstellt.

Die Hauptlast auf die Pfeiler und Schweben im Baufeld an der Südflanke wird querschlägig zum Streichen des Asse-Sattels eingetragen. Auf Basis der Tragfähigkeitsverhältnisse lässt sich das an der Südflanke aufgefahrene Tragsystem als nicht ausreichend dimensioniert bzw. nachgiebig bewerten.

#### **Standzeit**

Nach Abschluss der Salzgewinnung gab es von 1964 bis 1994 einen Zeitabschnitt ohne bergmännische Salzgewinnung bzw. mit nur wenigen Neuauffahrungen. In diesem Zeitraum wurde von 1984 bis 1992 der Tiefenaufschluss unterhalb der 775-m-Sohle zur Errichtung von Versuchsfeldern mit einem Ausbruchvolumen von ca. 240.000 m<sup>3</sup> aufgefahren. Das dort gewonnene Salz wurde zur Verfüllung der Südflanke genutzt, so dass ca. 350.400 t Eigenversatz während der Standzeit in die Südflanke eingebracht wurden. Die restlichen Abbaue waren in dieser Zeit unversetzt dem Gebirgsdruck ausgesetzt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 54

Die lange offene Standzeit der Abbaue hat ebenfalls großen Einfluss auf den Schädigungsgrad der Tragelemente. In dieser Phase sind ca. 30 % der Schweben im Baufeld an der Südflanke gebrochen und die ersten Lösungsaustritte in die Grubenbaue wurden detektiert [31].

### **Versatzphase**

Um den steigenden Verformungs- und Schädigungsprozessen im Grubengebäude entgegenzuwirken, wurde von 1995 bis 2004 Salz von der Halde Ronnenberg als Blasversatz in die Abbaue im Baufeld an der Südflanke eingebracht. Zusätzlich wird seit Ende 2009 im Rahmen der Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen zur Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit und Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) die Verfüllung von Resthohlräumen mit Sorelbeton oberhalb der 750-m-Sohle betrieben. Somit wurden die durch Eigensetzung des Ronnenbergversatzes in den Abbauen der Südflanke entstandenen Firstspalte (Resthohlräume) sowie ausgewählte Abbaubegleitstrecken und Durchhiebe mit ca. 196.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton verfüllt (Stand: 30.11.2020), um den verformungsaktiven Hohlraum weitestgehend zu minimieren und das Tragsystem zu stabilisieren (vgl. Anhang 1.3 auf Blatt 203).

In Anhang 1.2 auf Blatt 202 ist die aktuelle Verfüllsituation, bezogen auf den Schnitt 1 mit Stand 01/2021, dargestellt. Von den 100 Abbauen der Südflanke (490- bis 725-m-Sohle) wurde bisher in 70 Abbauen die Verfüllung der Firstspalte abgeschlossen. Dabei sind die Abbaureihe 1 und der Ostflügel (Abbaureihen 5<sup>3</sup>, 6, 7, 8 und 9) vollständig verfüllt. Eine Firstspaltverfüllung der Abbaureihen 2 und 4 von der 574- bis zur 616-m-Sohle wird für 2022 avisiert.

Unterhalb der Folie im Abbau 3/658 sind Injektionsmaßnahmen im Versatz vorgesehen um eine Salzlösungsfassung im Bereich der 658- und 679-m-Sohle der Abbaureihe 3 weiterhin zu ermöglichen. Am oberen Baufeldrand steht die Verfüllung des infrastrukturell genutzten Abbaus 3/490 (Salzlösungsspeicherbecken) und Teile der Abbaue 4/490 (Freimessplatz) 8/490, 9/490 (Lager) sowie 2/511 (Bohrwerkstatt) noch aus.

Im Jahr 2020 wurden Resthohlräume in folgenden Bereichen mit Sorelbeton verfüllt (vgl. Anhang 1.3 ab Blatt 203):

- der nördliche Bereich des Nebenabbaus 7b/532 (bereits in [16] erwähnt)
- die Umfahrung des Abbaus 6a/532
- die Abbaubegleitstrecke nördlich der Abbaue 5 bis 2/532
- die Abbaubegleitstrecke nördlich der Abbaue 6 bis 9/595

Bei der Umsetzung der Verfüllmaßnahmen ist eine messtechnische Überwachung der Bauzustände erforderlich, da im Rahmen der umzusetzenden Maßnahmen eine lokale Beeinflussung des Tragsystems, z. B. bedingt durch den Temperatur- und Feuchteeintrag bei der Betonage, nicht ausgeschlossen werden kann.

Für eine Gesamtaussage zur Bewertung der Stabilisierungsmaßnahmen im Verhältnis zur fortschreitenden Schädigung (Interaktion: Deckgebirge–Baufeld) steht nach wie vor die Firstspaltverfüllung im Vordergrund. Da diese Maßnahme zur Resthohlraumminimierung seit über 10 Jahren umgesetzt wird, sind Reaktionen des Tragsystems auf die Verfüllmaßnahmen aus den erfassten Messwerten ableitbar.

<sup>3</sup> Der Großabbau 9+10/700 – die Schweben zum Abbau 5/725 wurde hereingewonnen – ist noch nicht nachverfüllt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 55

### 3.1 Messergebnisse

#### Querschlägige Extensometermessungen in den Pfeilern

Die Fortsetzung der Versatzphase als „Firstspaltverfüllung“, d. h. Verfüllen des durch Setzung des Salzversatzes entstandenen Hohlräume zwischen Salzversatzoberkante und Firste des Abbaus mit Sorelbeton, begann ab Dezember 2009 mit den Abbauen 6 bis 8 auf der 532- und der 553-m-Sohle. Zum damaligen Zeitpunkt war in diesem Bereich das Verformungsmaximum mit 120 mm/a (s. Anhang 3.1 auf Blatt 236).

Seit 04/2018 ist die Firstspaltverfüllung der Abbaue im Ostflügel (Ausnahme: 8/490 und 9/490) beendet, die Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle wurden bis 02/2020 verfüllt. Im Westflügel verbleiben Firstspalte noch in ca. der Hälfte der Abbaue, d. h. den Abbaureihen 2 bis 4 von der 574- bis zur 700-m-Sohle, unverfüllt. Die gegenwärtige räumliche Verteilung der Pfeilerstauchungsraten nach etwa 10 Jahren Firstspaltverfüllung zeigt, dass die Maxima im Ostflügel von 120 mm/a auf 68 mm/a im Jahr 2020 zurückgegangen sind. Diese nähern sich den Pfeilerstauchungsmaxima im Westflügel an (67 mm/a im Jahr 2020). Auch die Bandbreite der Pfeilerstauchungsraten hat sich signifikant reduziert (s. Anhang 3.1, Blatt 236 und 237).

Im Jahr 2020 bewegen sich die Pfeilerstauchungsraten im Vergleich zum Vorjahr nahezu konstant (s. Anhang 3.1 auf Blatt 232).

Detailliertere Ergebnisse zu den Extensometermessungen sind Abschnitt 2.2.4 ab Blatt 21 zu entnehmen.

Auch wenn die aktuellen Pfeilerstauchungsraten den Werten vor der Registrierung von Schwebenbrüchen und des Lösunszutritts entsprechen, ist die gegenwärtige gebirgsmechanische Situation **nicht** mit jener Mitte der 1980er Jahre vergleichbar, da der Schädigungsgrad in den Tragelementen sich inzwischen weiter erhöht hat.

#### Temperaturmessungen — messtechnisch erfasste Einwirkungen auf die Pfeiler und Schweben sowie die Versatzkörper

Bereits die ersten im Baufeld an der Südflanke instrumentierten SMS sind mit zwei Temperatursensoren – jeweils ein Temperatursensor unter- und oberhalb der Druckkissen – ausgestattet. Somit existiert in den Pfeilern, überwiegend im Bereich der einbindenden Schweben, neben den Spannungsgebern ein Temperaturmessnetz. Für die messtechnische Überwachung der Firstspaltverfüllung war dieses nicht ausreichend; da direkt im zu verfüllenden Grubenraum mit gebirgsmechanischen Reaktionen aufgrund des durch die Betonage induzierten Wärme- und Feuchteintrages ausgegangen wurde. Daher erfolgte in den ersten drei Verfüllabschnitten eine Nachinstrumentierung mit Temperatur- und Luftfeuchtemessketten in den Pfeilern, Schweben und im Versatz der zu verfüllenden Abbaue.

Die Lokationen dieser Messketten sind u. a. in [32] aufgeführt. Es zeigte sich sehr schnell, dass die Verfüllung mit Sorelbeton kaum oder nur einen vorübergehenden Einfluss auf das Feuchteregime hat; eine diesbezügliche Auswertung und Ergebnisdarstellung wurde bereits nach drei Jahren FSV eingestellt.

Die Datenerfassung der Temperaturmessungen erfolgt automatisiert mittels semimobilen Messanlagen. Zusätzlich werden die Temperatursensoren an den Spannungsmonitorstationen zur Erfassung der Temperatureinflüsse auf das Tragsystem genutzt. Auch die Temperaturmesskurven sind in der vergangenen Berichterstattung [16] enthalten, so dass in dieser Unterlage darauf verzichtet wird.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 56

### **Pfeiler**

Die Temperaturmessungen in den Pfeilern zeigen im Allgemeinen etwa vier Wochen nach Beginn der Nachverfüllung von nahe gelegenen Abbauen einen Temperaturanstieg von ca. 3 K. Im Umfeld der verfüllten Resthohlräume verbleibt im Durchschnitt eine Temperaturerhöhung von ca. 2 K im Gegensatz zu den Werten vor der Verfüllung. Aufgrund der von Rissystemen durchzogenen (dilatant verformten) Pfeilern wurden die Temperaturmessergebnisse vor der Verfüllung durch die Grubenwetter beeinflusst. Weiterhin verhindern die luftgefüllten Risse eine schnelle Wärmeableitung im Vergleich zu ungeschädigtem Salz. Ein Rückgang der Temperatur ist in den Bereichen der abgeschlossenen Verfüllmaßnahmen nicht mehr zu erwarten.

### **Schweben (bzw. Restschweben)**

Die Verfüllung eines Firstspaltes kann anhand der Temperaturmessung in der Schweben gut nachvollzogen werden. Wenige Tage nach Beginn der Verfüllung steigt die Temperatur in der Schweben um ca. 10 K an. Ungefähr vier Wochen bleibt die Temperatur konstant, dann ist eine stetige Temperaturabnahme erkennbar.

### **Versatz**

Die Temperaturmessungen im Versatz zeigen nach Beginn der Verfüllung einen stetigen Anstieg von ca. 10 K (Mittelwert). Das erreichte Maximum bleibt ca. vier Wochen konstant, anschließend ist ein kontinuierlicher Temperaturrückgang erkennbar. Nach zehnjähriger Beobachtungszeit wurde die Ausgangstemperatur von ca. 30 °C nicht erreicht. Es verbleibt eine Temperaturdifferenz von ca. 2 K. Der Betrag der Temperaturerhöhung ist von der Versatzmächtigkeit über der Instrumentierung abhängig und erreichte in der Vergangenheit bis zu 15 K.

### **Salzlösungsmonitoring**

Im Rahmen des Salzlösungsmonitorings werden die Fassungskmengen, die Austrittsorte und die physikochemischen Eigenschaften der zutretenden Salzlösung intensiv verfolgt und daraus eine sicherheitliche Bewertung abgeleitet. Vor diesem Hintergrund sind die Einwirkungen der Firstspaltverfüllung auf den Salzlösungszutritt und sich eventuell abzeichnende Reaktionen im Gesamttragsystem von gebirgsmechanischer Bedeutung für die zielgerichtete Weiterführung der Verfüllmaßnahme und des Offenhaltungsbetriebes.

Im Jahr 2020 lag an der Hauptfassungsstelle auf der 658-m-Sohle die mittlere Fassungsrate bei ca. 12,1 m<sup>3</sup>/d (s. Kapitel 5 ab Blatt 161).

Die wichtigsten Ereignisse im Jahr 2020 sind im Kapitel 5 (ab Blatt 161) beschrieben.

### **Weitere Messverfahren**

Zur Einschätzung der gebirgsmechanischen Situation ist die Belastungssituation vorrangig in den Tragelementen, aber auch im Salzversatz der Abbaue zu berücksichtigen. In den Tragelementen (Pfeilern) werden die Spannungsmonitorstationen herangezogen. Die Ergebnisse der Gebirgsspannungsmessungen in den Pfeilern können Abschnitt 2.1 (ab Blatt 15) entnommen werden. Messergebnisse zu den Lastmessungen im Versatz sind im Abschnitt 2.3, ab Blatt 32 zusammengestellt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 57

Die Auswertung der mikroseismischen Ereignisse ist ebenfalls Bestandteil der gebirgsmechanischen Überwachung der Firstspaltverfüllung (s. Abschnitt 2.4.4.6, ab Blatt 44).

### 3.2 Monitoringbereiche

Ab 2012 erfolgt sukzessive eine intensivere Beobachtung der Schädigungsprozesse mittels lokaler Monitoringprogramme. Auf deren Grundlage wurden bzw. werden Sanierungs- bzw. Stabilisierungsmaßnahmen initiiert. Zum Berichtsstand werden die Infrastrukturräume am oberen Baufeldrand, die Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle, die Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle, die Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau) sowie die nördliche Richtstrecke nach Osten und der Abbau 5 (Na2) auf der 750-m-Sohle in dieser Weise überwacht.

Mit diesen Maßnahmen soll eine Bewertung der Gebrauchstauglichkeit dieser Bereiche für den noch geplanten Nutzungszeitraum ermöglicht und durch die Sanierungs- bzw. Stabilisierungsmaßnahmen der Schädigungsprozess verlangsamt werden. Die Bewertungen basieren auf den Ergebnissen der in diesem Kapitel und in Kapitel 4 ab Blatt 58 dargestellten Messsystemen, welche anlass- bzw. lokationsbezogen durch geotechnische und geophysikalische Neuinstrumentierungen ergänzt werden. Die Firste sensibler Infrastrukturbereiche werden mittels Firstkontrollbohrungen, Georadarmessungen, visueller Inspektionen (Einsatz von Bohrlochkamera und Endoskop), Firstextensometern (vertikaler Einbau), Mikroakustik, lokaler Firstnivelements und Beobachtung des Rissinventars überwacht. Der aktuelle Status der Monitoringprogramme ist in Kapitel 4 ab Blatt 58 beschrieben.

### 3.3 Fazit

Durch die Verfüllung der Firstspalte mit Sorelbeton in den versetzten Abbauen der Südflanke wird eine Stützung der Pfeilerbereiche (Verdämmungswirkung) und damit eine Stabilisierung der Tragelemente erreicht, welche die degressive Entwicklung der Verformungsraten unterstützt.

Die Kompaktion des Salzversatzes unterstützt durch die Firstspaltverfüllung zeigt erste positive gebirgsmechanische Wirkungen im Hinblick auf die Resttragfähigkeit des Tragsystems der Südflanke bzw. eine verbesserte Einspannung des Versatzkörpers. Darauf weist der in einigen Bereichen registrierte Rückgang der Spannungsdifferenzen hin (s. Abschnitt 2.1 auf Blatt 15).

Seit Mai 2013 hat sich die degressive Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten verlangsamt. Entsprechend ist die Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 2 bis 4 sowie die Verfüllung der Resthohlräume am oberen Baufeldrand möglichst zügig fortzuführen.

Nach 10 Jahren Firstspaltverfüllung verbleibt eine Temperaturerhöhung von ca. 2 K bis 3 K im Vergleich zu den Temperaturen vor der Verfüllung.

Die Salzlösungsaustritte im Baufeld an der Südflanke sind im Jahr 2020 gegenüber 2019 nahezu unverändert, ebenso die Fassungsraten (s. Kapitel 5 ab Blatt 161). Die gefassten Lösungen konzentrieren sich weiterhin auf den Abbau 3/658 (2020 zu 95 %; 2019 zu 96 %) und stehen somit nicht im direkten Zusammenhang mit der Firstspaltverfüllung.

Um eine beschleunigte Kompaktion des Versatzes und damit eine verbesserte Stützwirkung der Tragelemente – insbesondere der Pfeiler – zu erzielen, sind unterstützende Maßnahmen, z. B. Versatzdruckinjektionen bedarfsweise zu prüfen [12].

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 58

## 4 Lokale Monitoringprogramme zur Überwachung sensibler Infrastrukturbereiche

### 4.1 Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand (490-m-Sohle und Abbau 2/511) und die MAW-Kammer

#### 4.1.1 Standortbeschreibung

Die Grubenräume am oberen Baufeld der Südflanke (490-m-Sohle und Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle) stellen wichtige Infrastrukturräume mit intensiver Nutzung für den weiteren Offenhaltungsbetrieb der Schachanlage Asse II dar. Die Abbaue in diesem Bereich wurden im Zeitraum 1960 bis 1964 mit einem Gesamtvolumen von ca. 134.000 m<sup>3</sup> im Leinsteinsalz aufgefahren und im Rahmen der Verfüllung der Südflanke bereits mit ca. 84.000 m<sup>3</sup> Salzversatz teilversetzt. Mit den über die Jahre aufgefahrenen Strecken und der Erstellung von Infrastrukturräumen beträgt das Hohlraumvolumen des Bereiches derzeit ca. 162.000 m<sup>3</sup>. Davon sind ca. 9.000 m<sup>3</sup> mit Sorelbeton verfüllt und das Volumen des Salzversatzes beträgt mit der konvergenzbedingten Abnahme nach der Einbringung ca. 84.000 m<sup>3</sup>. Es verbleiben zum Berichtsstand noch ca. 69.000 m<sup>3</sup> offener Hohlraum und nach der jetzigen Planung sollen nach Abschluss der Vorsorgemaßnahmen noch ca. 32.000 m<sup>3</sup> bestehen bleiben.

Aufgrund der langen offenen Standzeit und der hohen gebirgsmechanischen Beanspruchung sowie der zu geringen Firstwölbung in einigen Bereichen ist weiterhin mit einer fortschreitenden Schädigung des Bereiches zu rechnen. Aus gebirgsmechanischen Gefährdungsanalysen der Standortüberwachung und des Instituts für Gebirgsmechanik ergab sich die Besorgnis einer zunehmenden Auflockerung in den Firstbereichen der infrastrukturell genutzten Abbaue, insbesondere der Abbaue 3/490, 4/490 und 2/511 am oberen Baufeldrand [33], [34]. Das Institut für Gebirgsmechanik empfahl in diesem Zusammenhang, sich aus den Abbauen zurückzuziehen und bis dahin die Firsten dieser Abbaue intensiv zu monitorieren.

Zur Überwachung der Infrastrukturbereiche werden geotechnische und geophysikalische Messverfahren eingesetzt, darunter z. B. Mikroakustik, Mikroseismik, Firstkontrollbohrungen, Rissüberwachungen sowie Konvergenzmessungen, um geeignete Sicherungs- und/oder Stabilisierungsmaßnahmen ableiten und ggf. rechtzeitig initiieren zu können. Ende des Jahres 2012 wurde mit der Umsetzung erster zusätzlicher Monitoringmaßnahmen in den Abbauen 3/490 und 4/490 auf der 490-m-Sohle sowie im Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle begonnen. Diese wurden von Georadarmessungen untersetzt, die die Abbaufirsten auf bereits vorhandene Schädigungen untersuchten. Durch den Einbau des Firstextensometers im Abbau 4/490 wurden mögliche Auflockerungen der Firste des Abbaus messtechnisch erfasst. Des Weiteren wurden mikroakustische Messnetze in den Abbauen 3/490 und 4/490 installiert, die zur Bewertung des Schädigungsgrades und dessen Entwicklung herangezogen werden sollen.

Im Folgenden werden die wesentlichen Messergebnisse aus dem Jahr 2020 dargestellt und anschließend die Situation gegliedert nach den in Nutzung befindlichen Infrastrukturräumen beschrieben. Weiter zurückliegende Messergebnisse können aus den Berichten der letzten Jahre entnommen werden [21], [17], [16]. Auf dieser Grundlage wird die aktuelle Situation, insbesondere bezüglich des Schädigungsgrades und der Schädigungsentwicklung sowie der aktuellen und zukünftigen betrieblichen Nutzung, bewertet.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 59

## 4.1.2 Messergebnisse

### Konvergenzmessungen

Auf der 490-m- und 511-m-Sohle werden die Konvergenzen in fünf Abbauen mit 15 horizontalen und 4 vertikalen (nur Abbau 3/490) Messquerschnitten tachymetrisch erfasst (s. Anhang 7.1 auf Blatt 306). Im Bereich des Hauptgrubenlüfters sind zwei horizontale Konvergenzmessquerschnitte in Betrieb, die die Konvergenz mittels Bandmessungen erfassen. Im Jahr 2020 wurden zwei zusätzliche Konvergenzmessquerschnitte auf der 490-m-Sohle im Bereich der 51BA und im westlichen Teil der Kfz-Werkstatt eingerichtet (s. Anhang 7.1 auf Blatt 306).

Die wesentlichen Ergebnisse für die Konvergenzmessungen in den Abbauen sind in Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 28 beschrieben. Insgesamt liegen die horizontalen Konvergenz- und Verformungsraten auf einem vergleichbaren Niveau wie im Jahr 2019. Die vertikalen Konvergenzen im Abbau 3/490 zeigen – nach einem degressiven Trend im Vorjahr – im Jahr 2020 einen leicht ansteigenden Trend.

Für den Bereich um den Hauptgrubenlüfter wurden für 2020 horizontale Konvergenzraten von ca. 2 mm/a bei einer Verformungsrate von ca. 0,4 ‰/a ermittelt. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Konvergenzraten leicht rückläufig.

### Querschlägige Extensometermessungen in den Pfeilern

Aus den querschlägigen Extensometermessungen in den Pfeilern lässt sich weiterhin ein starker Deformationsgradient zwischen dem oberen Bereich und den zentralen Bereichen des Baufeldes an der Südflanke ausweisen (s. Abschnitt 2.2.4 auf Blatt 21). Zwar ist seit der fortschreitenden großflächigen Verfüllung der Firstspalte und der Resthohlräume im Grubengebäude der Deformationsgradient, im Vergleich zum Jahr 1989, deutlich abgeschwächt, der Unterschied in den Pfeilerstauchungsraten ist aber immer noch evident und verdeutlicht die hohe Beanspruchung der Grubenbaue am oberen Baufeldrand (vgl. Abbildung 2.1 auf Blatt 23).

### Firstextensometer

Zur Firstüberwachung sind im Abbau 4/490 ein und in der Kfz-Werkstatt (490-m-Sohle) zwei Firstextensometer installiert (s. Anhang 7.1 auf Blatt 306).

Seit Ende 2013 ist im zentralen Bereich des Abbaus 4/490 das Firstextensometer FiEx. 490-02 in Betrieb. Über eine Gesamtlänge von 9 m und Ankerpunkten in 3 m, 6 m und 9 m Bohrlochteufe wird die vertikale Längenänderung zwischen den Ankerpunkten überwacht. Zusätzlich wird die Temperatur am Kopfpunkt und am Ankerpunkt in 9 m erfasst. Seit Beginn der Messwertaufzeichnung wurde eine maximale Dehnung von ca. 5,7 mm zwischen Firstextensometerkopfpunkt und dem tiefsten Ankerpunkt (9 m) Tiefe erfasst (s. Anhang 7.2 auf Blatt 307). Die Ankerpunkte in 3 m und 6 m zeigen seit Beginn der Messwertaufzeichnung Verschiebungen von ca. 2,1 mm bzw. 4,2 mm. Die Verschiebungen laufen mit geringen Verschiebungsraten von etwa 1 mm/a ab und haben sich im Jahr 2020 weiterhin deutlich degressiv entwickelt. In Tabelle 4.1 auf Blatt 60 sind die jährlichen Verformungsraten bezogen auf die drei Messabschnitte aufgeführt. Auch hieraus ergibt sich, dass sich die Verformungsraten in den letzten Jahren degressiv entwickelt haben.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 60

Tabelle 4.1: Berechnete mittlere Verformungsraten für die Abschnitte 0–3 m, 3–6 m und 6–9 m für das Firstextensometer FiEx490-02 in Abbau 4/490

Jahr	Verformungsrate [%/a]		
	$\Delta_{0-3m}$	$\Delta_{3-6m}$	$\Delta_{6-9m}$
2014	0,07	0,23	0,20
2015	0,09	0,16	0,02
2016	0,22	0,00	0,04
2017	0,18	0,04	0,06
2018	0,06	0,16	0,08
2019	0,11	0,10	0,06
2020	0,02	0,03	0,09

Nachdem die Temperatur am Kopfpunkt des Extensometers im Jahr 2019 erhöht war und erst zum Ende des Jahres abgeklungen war, hat sich über das Jahr 2020 eine nahezu konstante Temperatur von ca. 36 °C eingestellt. Erst zum Ende des Jahres kann ein leichter Abfall der Temperatur auf ca. 35 °C beobachtet werden, der auf die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen zurückzuführen ist. An dem Temperatursensor in 9 m Teufe ist, neben den marginalen jahreszeitlichen Schwankungen, seit Messbeginn ein kontinuierlicher Anstieg der Temperatur von ca. 32 °C auf ca. 33 °C zu beobachten. Während in den vergangenen Jahren ein deutlicher Zusammenhang zwischen Verschiebung im Extensometer und Temperaturänderungen zu erkennen war, ist dieser im Jahr 2020 aufgrund der konstanten Temperatur nicht zu beobachten.

Die seit Juni 2019 messenden Firstextensometer in der Kfz-Werkstatt zeigen sehr geringe Bewegungen von unter 1 mm. Auch die Verformungsraten zwischen den einzelnen Ankerpunkten liegen folgerichtig auf einem sehr geringen Niveau, so dass sich aus den Ergebnissen der Messungen keine arbeitssicherheitsgefährdenden Gefährdungen in der Kfz-Werkstatt ableiten lassen. Die Temperatursensoren zeichnen jahreszeitliche Schwankungen mit leicht erhöhten Temperaturen zu Beginn der zweiten Jahreshälfte an den Extensometerkopfpunkten auf sowie einen zeitlich und gedämpften Verlauf in 6 m Teufe. Insgesamt liegen für beide Extensometer die Temperaturen bei ca. 32 °C bis 33 °C am Kopfpunkt und in 6 m Teufe.

### Firstüberwachungspunkte

Zum Ausbau des Firstmonitorings wurden im Abbau 3/490, 4/490 und 2/511 insgesamt 21 Firstüberwachungspunkte installiert. Zusätzlich wurden im Rahmen der Firstüberwachung in der Kfz-Werkstatt insgesamt 14 Firstüberwachungspunkte im Jahr 2020 instrumentiert (s. Anhang 7.1 auf Blatt 306).

Im Februar 2018 wurden 16 Firstüberwachungspunkte (FUE-001 bis FUE-016) im Firstbereich des Abbaus 3/490 ausgewählt und mit Reflektorfolien versehen. Seit der Bezugsmessung am 28.02.2018 betragen die Lageverschiebungen der Punkte zwischen 1 mm bis 7 mm. Eine eindeutige Systematik im Betrag und in der Richtung der Verschiebungen ist aktuell nicht zu erkennen. Die Höhenänderungen in den Messpunkten zeigen eine leichte Hebung bzw. Senkung von –4 mm bis 2 mm. Auch hier kann noch kein eindeutiges Bewegungsbild aus den Messungen abgeleitet werden. Demnach ergeben sich aus den vorgestellten Messungen keine Hinweise, die auf lokale Ablösungen bzw. der Ausbildung von Trennflächen hindeuten.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 61
---	-----------

Die Firstüberwachungspunkte im Abbau 4/490 (FUE017 bis FUE021 und Kopfpunkt FiEx. 490002) und im Abbau 2/511 (FUE022 bis FUE026) weisen auf eine gleichmäßige Firstsenkung in diesen Abbauen hin. Seit Beginn der Messungen am 31.07.2014 betragen die Senkungen ca. 148 mm in Abbau 4/490 bzw. ca. 147 mm in Abbau 2/511.

Die Firstüberwachung in der Kfz-Werkstatt zeigt analog zu den Firstextensometern keine signifikanten Höhenänderungen in den Messwerten.

### Firstkontrollbohrungen

Aufgrund der Besorgnis einer zunehmenden Auflockerung in den Firstbereichen wurden am oberen Baufeldrand ab April 2012 133 Firstkontrollbohrungen erstellt, wovon zum Berichtsstand, aufgrund von Verfüllmaßnahmen oder Bohrlochkonvergenzen, noch 88 inspizierbar sind. Die Bohrungen haben eine Länge von etwa 3 m bis 5 m. Eine Übersicht der Lage der noch befahrbaren Bohrungen ist in Anhang 7.1 auf Blatt 306 dargestellt.

Die visuellen Begutachtungen der Firstkontrollbohrungen im Jahr 2020 ergaben keine neuen gebirgsmechanisch relevanten Firstschädigungen im Form von Rissen oder Ausbrüchen in den Bohrungen. An der Firstkontrollbohrung 15/490-3 im nördlich-zentralen Bereich des Abbaues 3/490 kann weiterhin ein Riss mit einer Öffnungsweite von ca. 2 mm bis 3 mm in ca. 0,6 m bis 0,7 m Bohrlochteufe beobachtet werden (s. Abbildung 4.1 auf Blatt 61). Zusätzlich wurde im Jahr 2020 eine Rissstruktur mit einer Öffnungsweite von ca. 0,5 mm beobachtet, die sich entlang der Bohrlochachse bis in eine Bohrlochteufe von ca. 1 m nachverfolgen lässt.



(a) Rissstruktur bei ca. 0,6 m bis 0,7 m Bohrlochteufe



(b) Rissstruktur bei ca. 0,6 m bis 0,7 m Bohrlochteufe (Befahrung mit Spiegel)

Abbildung 4.1: Kamerabefahrung der Firstkontrollbohrung FKBRG. 15/490-3 vom 11.09.2020

### Rissüberwachung

Zur Beobachtung der Schädigungsentwicklung am oberen Baufeldrand werden seit Ende 2011 die Risse visuell beobachtet und teilweise mittels Fissurometer messtechnisch erfasst (s. Anhang 7.1 auf Blatt 306).

In Abbau 3/490 bestehen die zwei querschlägigen Dämme zwischen den Lösungsspeicherbecken aus aufgeschüttetem konsolidiertem Salzversatz. Aufgrund der Sohlenaufwölbung bzw. der querschlägigen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 62

Schwebenstauchungen, als direkte Reaktion der einwirkenden Gebirgsspannung, bildeten sich in diesen Dämmen Risse, die ca. Ost–West streichen und in etwa im zentralen Bereich der Dämme liegen. Diese Risse werden mittels Fissurometer messtechnisch erfasst (s. Anhang 7.3 (Blätter 308–310)). Der hohe Lasteintrag auf den Abbauen 3/490 lässt sich messtechnisch an den bis zu ca. 73 mm Verschiebung der Öffnungsweite an den Fissurometern zwischen Lösungsbecken 2 und 3 belegen. Insgesamt liegen die Verschiebungen der Rissufer zueinander mit max. 5 mm/a im Jahr 2020 auf einem vergleichbaren Niveau wie im Vorjahr.

In der E-Werkstatt im östlichen Bereich der 490-m-Sohle zeigen der südliche Stoß und die Firste verstärkte Rissbildung (s. Abbildung 4.4b auf Blatt 66). Die Risse verlaufen in streichender Richtung und zeigen teilweise Risslängen von bis zu 20 m. Die Rissentwicklungen werden mit zwei Fissurometern überwacht. Die Messstelle 020F befindet sich im Bereich des Pausenraums, die Messstelle 012F am südlichen Stoß der E-Werkstatt. Im Berichtszeitraum 2020 befanden sich die Messwerte gegenüber dem Vorjahr mit Verschiebungsraten  $\leq 1$  mm/a weiterhin auf einem geringen Niveau und zeigten einen degressiven Trend. Dennoch sind an einigen Stellen Rissverlängerungen festzustellen und aufgrund einer teilweisen Verwachsung und Überlappung der Risse ist eine zunehmende Entfestigung der südlichen Abbaukante im östlichen Teil der E-Werkstatt zu besorgen.

Im Abbau 2/511 wurde im Jahr 2019 das Fissurometer 060F westlich des Bohrlochmundes der Fluchtbohrung zur Wendelstrecke instrumentiert. Seitdem werden Verschiebungen von ca. 0,2 mm in der Öffnungsweite und ca. 0,7 mm in der Scherung erfasst. Der Nordstoß im Bereich der Fluchtbohrung zeigt stärkere Abschalungen (Scherdeformation), die sich aber im Jahr 2020 nicht verändert haben.

### **Mikroseismik**

Die Ergebnisse der mikroseismischen Aktivität für den oberen Baufeldrand für das Jahr 2020 sind in Abschnitt 2.4.4.2 auf Blatt 38 dargestellt. Insgesamt blieb die mikroseismische Aktivität im Berichtszeitraum im erwarteten Rahmen und war nicht erhöht. In der Abbaubegleitstrecke im Bereich Abbau 4/511 und 5/511 wurden in der zweiten Jahreshälfte 2020 einige mikroseismische Ereignisse detektiert, die auf die dortigen Stabilisierungsmaßnahmen zurückzuführen sind.

### **Mikroakustik**

Aufgrund der bereits erheblich geschädigten Schweben unterhalb der Abbaue 3/490 und 4/490 sowie der zu geringen Firstwölbung ist mit der Bildung von gewölbeartigen Auflockerungszonen im Hangenden und möglichen Firstablösungen zu rechnen. Da diese Abbaue weiterhin infrastrukturell genutzt werden, wurde 2013 ein mikroakustisches Messsystem in Betrieb genommen, um die Schädigungsentwicklung kontinuierlich beobachten zu können. Die detaillierten Ergebnisse sind in Abschnitt 2.5 auf Blatt 46 dargestellt.

### **Georadarmessungen**

Am oberen Baufeld wurden in den vergangenen Jahren insbesondere auch zur Verbesserung des geologischen Modells der Asse Georadarmessungen durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war vorrangig die Erkundung von Trennflächen in den Firstbereichen bzw. in den Deckgebirgsschichten. Im Jahr 2020 wurden dieses Erkundungsprogramm weiter fortgesetzt. Untersuchungen am Südstoß des Abbaus 8/490 und Abbaus 9/490 wurden mit einer 200 MHz-, 270 MHz- und 400 MHz-Antenne

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 63

durchgeführt, um den Verlauf der südlich angrenzenden Deckgebirgsschichten weiter einzugrenzen. Aktuell sind diesbezüglich noch weitere Untersuchungen im östlichen Bereich des Abbaus 9/490 vorgesehen, die – je nach betrieblicher Zugänglichkeit – im Jahr 2021 erfolgen sollen.

#### 4.1.3 Bewertung der Situation

##### Abbau 3/490

Der Abbau 3/490 befindet sich im westlichsten Teil der 490-m-Sohle und ist vom westlichen Streckenkreuz über eine ansteigende Diagonalstrecke erreichbar (s. Abbildung 4.2a auf Blatt 64). Der Abbau wurde von 1962 bis 1964 mit einem Hohlraumvolumen von ca. 38.500 m<sup>3</sup> aufgefahren und im Jahr 1993 mit ca. 21.800 m<sup>3</sup> angefeuchtetem Salzversatz teilverfüllt. Heute werden dort Zutrittslösungen und Salzlösungen (Anmachlösung) zur Sorelbetonproduktion in Lösungsspeicherbecken (LSB) zwischengelagert. Von den ursprünglich drei Speicherbecken (LSB 1, LSB 2 und LSB 3) sind nur noch LSB 2 und LSB 3 in Betrieb. Das LSB 1 wurde auf Grund von festgestellten Firstschädigungen in Form von größeren Ablösungen und abgelösten Ankerplatten im Juni 2015 vorsorglich außer Betrieb genommen [35], im Juli 2016 mit Salz versetzt und im Anschluss mit einer Sorelbetonabschlusschicht von ca. 268 m<sup>3</sup> bis auf das Niveau der Dammkronen verfüllt. Ende 2017 wurde eine firstbündige Schalungswand aus Sorelbeton um das LSB 1 errichtet, so dass bei einer Verschlechterung der gebirgsmechanischen Situation dieser Bereich mit Sorelbeton verfüllt werden kann.

Aus gebirgsmechanischer Sicht wurde die Firste ungünstig flach aufgefahren und es kam nach der Gewinnungszeit zu einer langen offenen Standzeit. Zur Sicherung ist die Firste mit einem Maschendrahtverzug und einer Systemankerung versehen. Im Jahr 2020 wurden unter diesem Maschendrahtverzug weitere Abschalungen und Rissstrukturen beobachtet. Zusätzlich kam es im November 2020 zu weiteren Ablösungen von Ankerplatten am südlichen Stoß von LSB 1 (s. Abbildung 4.2b) und es wurden Abschalungen am südlichen Stoß vor LSB 2 beobachtet (s. Abbildung 4.2c). Dies verdeutlicht die weiterhin hohe gebirgsmechanische Beanspruchung auf die Konturbereiche des Abbaus, welche sich auch in leicht ansteigenden Konvergenzraten im Jahr 2020 äußern. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse des mikroakustischen Messsystems im Jahr 2020 temporäre Anstiege der Aktivität im Firstbereich des Abbaues, welche auf fortlaufende Entfestigungsprozesse hindeuten. Folgerichtig ist auf Basis der geotechnischen und geophysikalischen Messergebnisse mit einer zunehmenden Schädigung des Bereiches zu rechnen. Auch die Anfang 2011 mit Sorelbeton durchgeführte Nachverfüllung des Firstspaltes des Abbaues 3/511 konnte keine nachhaltige Stabilisierung des Abbaues 3/490 erreichen. Gebirgsmechanische Modellrechnungen des IfG weisen Zugspannungen über die gesamten Firste aus, die sich sehr ungünstig auf die weitere gebirgsmechanische Entwicklung auswirken [36]. Demnach ist mit zunehmenden Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit des Abbaues 3/490 zu rechnen.

Mittlerweile ist für die im Abbau 3/490 installierte Pumpentechnik und die weiterhin erforderliche Zwischenspeicherkapazität von Salzlösungen Ersatz geschaffen worden (s. Abbildung 4.6a). Nach der vollständigen Inbetriebnahme der neuen Anlage zur Förderung von Lösungen (AFL 490) ist ein zeitnaher Rückzug aus dem Abbau 3/490 vorgesehen. Anschließend soll der Resthohlraum des Abbaus und der Zufahrtsstrecke vollständig mit Sorelbeton verfüllt werden.

##### Abbau 4/490

Der Abbau 4/490 befindet sich südlich der Diagonalstrecke zum Abbau 3/490 und ist vom westlichen Streckenkreuz erreichbar (s. Abbildung 4.2d auf Blatt 64). Er wurde in der Zeit von 1962 bis 1964

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 64
---	-----------

mit einem Hohlraumvolumen von ca. 8.400 m<sup>3</sup> aufgefahren. Die Abbaulänge beträgt ca. 55 m, die Breite ca. 40 m und die Höhe ca. 6 m. Er ist damit der einzige Abbau auf der 490-m-Sohle, der mit einer geringen Firsthöhe aufgefahren und in dem kein Salzversatz eingebracht wurde. Der Abbau wird weiterhin als Stellplatz für Fahrzeuge, als Infrastrukturräum für den betrieblichen Strahlenschutz sowie als Lagerraum verwendet.

Analog zum Abbau 3/490 weist auch dieser Abbau eine sehr flache Firstwölbung auf, die eine fortschreitende Entfestigung der Firste begünstigen. Ende 2018 wurde der südliche Bereich des Abbaus auf Basis der mikroakustischen Aktivität, die auf eine beginnende Rissbildung am Südstoß hinwies, mit einem Stützbauwerk unterfangen. Die fortschreitende querschlägige Reduktion des Abbauvolumens durch die südlich einwirkenden Gebirgsspannungen führte in der Vergangenheit zu starken Sohlenaufwölbungen, die sich aus der relativ geringen Widerstandsfähigkeit bzw. der hohen Nachgiebigkeit der relativ geringmächtigen Schweben zum Abbau 4/511 ergaben. Mit der Verfüllung des Firstspaltes des Abbaues 4/511 und einer Nachverfüllung der Resthohlräume in der Schweben wurde dieser Schädigung entgegengewirkt, aber noch keine langfristig nachhaltige Stabilisierung erzielt. Im Jahr 2020 wurde ein leichter Anstieg der Konvergenzraten und der mikroakustischen Aktivität beobachtet.



(a) Blick nach Nordwesten in den Abbau 3/490, Stand: 06.01.2021



(b) Abgerissene Ankerplatte am südlichen Stoß von Lösungsbecken 1 im Abbau 3/490, Stand: 16.11.2020



(c) Abschalungen am südlichen Stoß von Lösungsbecken 2 im Abbau 3/490, Stand: 06.01.2021



(d) Blick nach Osten auf den Zugang vom Abbau 4/490, Stand: 06.01.2021

Abbildung 4.2: Abbaue 3/490 und 4/490 auf der 490-m-Sohle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 65
---	-----------

Insgesamt ist die Gebrauchstauglichkeit des Abbaus 4/490 derzeit gegeben. Jedoch aufgrund der mikroakustischen Aktivität, der weiter fortschreitenden Verformung und der gebirgsmechanisch ungünstigen Auffahrung sind weitere Schädigungen zu besorgen.

### Abbau 8/490 und 9/490

Die Abbaue 8/490 und 9/490 befinden sich im östlichen Bereich der 490-m-Sohle und wurden in den Jahren 1962 bis 1964 mit einem Gesamthohlraumvolumen von ca. 55.600 m<sup>3</sup> aufgefahren (s. Abbildung 4.3 auf Blatt 65). Beide Abbaue sind bereits mit einem Volumen von ca. 35.000 m<sup>3</sup> Salzversatz teilverfüllt. Der Abbau 8/490 ist über eine ansteigende Zugangsstrecke vom östlichen Streckkreuz erreichbar. Der Abbau 9/490 ist über einen Durchgang vom Abbau 8/490 und eine Fluchtbohrung aus der E-Werkstatt aus erreichbar. Beide Abbaue werden als Lagerplatz verwendet. Im Jahr 2020 wurde der südliche Stoß des Abbaues 8/490 mit einer Stützmauer stabilisiert und der Sohlenbereich vor dem Stoß großflächig betoniert. Vor der Erstellung der Stützmauer und dem Nachschnitt wurden am Südstoß Georadarmessungen durchgeführt, die primär zur Verifizierung des geologischen Modells dienten und einen Reflektor ca. 9 m von der damaligen südlichen Abbaukante zeigen. Dieser Reflektor kann dem Übergang zum Anhydrit zugeordnet werden. Die horizontalen Konvergenzen im Abbau 8/490 sind seit Beginn der Messungen auf einem gleichbleibenden Niveau und im Jahr 2020 beträgt die horizontale Verformungsrate ca. 0,6%/a.

Auf Grundlage der unveränderten gebirgsmechanischen Situation der Abbaue ist die Gebrauchstauglichkeit der Abbaue 8/490 und 9/490 derzeit gegeben. Aufgrund der sehr flachen Firstwölbung und der langen offenen Standzeit sind jedoch gewölbartige Auflockerungen zu besorgen.



(a) Südstoß im zentralen Teil des Abbaues 8/490 mit erstellter Stützmauer, Betonflächen und nachgeschnittener Firse, Stand: 06.01.2021



(b) Blick nach Westen in den Abbau 9/490, Stand: 06.01.2021

Abbildung 4.3: Abbaue 8/490 und 9/490 auf der 490-m-Sohle

### E-Werkstatt

Die E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle befindet sich in der aufgeweiteten Sattelrichtstrecke nach Osten im östlichen Bereich der 490-m-Sohle nördlich des Abbaus 9/490 und wird als zentraler Infrastrukturräum für den Elektrobetrieb verwendet (s. Abbildung 4.4a auf Blatt 66). Der Hohlraum wurde im Jahr 2003 mit einem Gesamtvolumen von ca. 4.500 m<sup>3</sup> erstellt. Zur Stabilisierung des Bereiches wurden bereits

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 66
---	-----------

der nordöstliche Teil und der Zugang zum Blindschacht 3 mit Sorelbeton verfüllt. Der Südstoß der E-Werkstatt zeigt verstärkte Rissbildung (vgl. Abschnitt 4.1.2 auf Blatt 61). Die Entwicklung der Risse, vor allem die zunehmende Verwachsung der Risse, lässt auf eine fortschreitende Schädigung des südlichen Stoßes besorgen (s. Abbildung 4.4b auf Blatt 66). Visuell sind keine weiteren Schädigungen in der E-Werkstatt festgestellt worden. Die Konvergenzmessungen weisen weiterhin sehr geringe horizontale Verformungen der E-Werkstatt auf.

Die Gebrauchstauglichkeit der E-Werkstatt ist gegeben. Die Rissentwicklungen am Südstoß der E-Werkstatt haben im Jahr 2020 angehalten. In Abhängigkeit der weiteren Entwicklung der Rissbildungen sind ggf. Stabilisierungsmaßnahmen am Südstoß vorzusehen und umzusetzen. Im Rahmen der Vorsorgemaßnahme der Hohlraumminimierung ist derzeit geplant, den östlichen Bereich der E-Werkstatt mit ca. 1.700 m<sup>3</sup> Sorelbeton zu verfüllen.



(a) Blick nach Südosten in die E-Werkstatt, Stand: 06.01.2021



(b) Riss am Südstoß im Pausenraum der E-Werkstatt mit Fissurometer 020F, Stand: 06.01.2021

Abbildung 4.4: E-Werkstatt auf der 490-m-Sohle

### Kfz-Werkstatt

Der Infrastrukturräum für den Maschinenbetrieb befindet sich in der aufgeweiteten Sattelrichtstrecke nach Osten nördlich des Abbaus 7/490. Er wurde im Jahr 2003 mit einem Gesamtvolumen von ca. 5.000 m<sup>3</sup> erstellt. Im Vergleich zu anderen Infrastrukturräumen auf der 490-m-Sohle wurde der Bereich mit einer relativ günstigen Firstwölbung aufgefahren (s. Abbildung 4.5 auf Blatt 67). Zur Installation einer neuen Kranbahn wurden im Jahr 2016 Bereiche der Firste nachgeschnitten. Die Kranbahn wurde im Zeitraum zwischen dem 06.06.2017 und dem 27.07.2017 installiert und anschließend in Betrieb genommen. Die an der Firste erstellten Unterfütterungen der Kranbahnaufhängungen zeigen teilweise Risse, die auf Verformungen bei der Erhärtung des Sorelbetons zurückzuführen sind und nicht auf gebirgsmechanisch relevante Prozesse hindeuten [16]. Ein Teil dieser Risse wurde bereits saniert.

Zur Untersuchung des Firstbereichs wurden im Januar 2017 Georadarmessungen an der Firste im zentralen Bereich durchgeführt und die Bohrkern aus den Extensometerbohrungen wurden geologisch bewertet sowie die Bohrungen inspiziert. Die Ergebnisse zeigen eine flächenhafte, lagige Ausbildung von sulfathaltigen Bereichen. Es wurden keine Hinweise auf relevante Schädigungen festgestellt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 67



Abbildung 4.5: Blick nach Osten in die Kfz-Werkstatt mit der Kranbahn, Stand: 06.01.2021

Zur weiteren Überwachung der Firste und Verformung in diesem Bereich wurden seit 2019 zwei Firstextensometer und insgesamt 12 Firstüberwachungspunkte an der Firste instrumentiert. Zusätzlich wurde im Jahr 2020 eine horizontale Konvergenzstrecke eingerichtet. Die Ergebnisse der Firstextensometer zeigen nur geringe Dehnungen von unter 1 mm. Auch an den Firstüberwachungspunkten ist nur eine geringe Bewegung zu beobachten. Die horizontale Konvergenz beträgt derzeit ca. 3 mm/a, so dass insgesamt von keiner gebirgsmechanischen Gefährdung für die Kfz-Werkstatt auszugehen ist.

Die Gebrauchstauglichkeit der Kfz-Werkstatt ist gegeben. Auf Grund der intensiven betrieblichen Nutzung soll das Monitoring zukünftig durch wiederkehrende Georadarmessungen ergänzt werden.

### Zentraler Bereich der 490-m-Sohle

Im zentralen Bereich zwischen den Abbauen 7/490 und 4/490 befinden sich die in den letzten Jahren durch Nachschnitt erweiterten neuen Infrastrukturbereiche für die Baustoffanlage (51BA) (s. Abbildung 4.6b auf Blatt 68), die AFL 490 mit den Lösungsspeicherbecken (s. Abbildung 4.6a auf Blatt 68) sowie der Querschlag zum Messwerterfassungsraum des Geomonitorings Asse (s. Abbildung 4.6d auf Blatt 68).

Nördlich des Streckenkreuzes befindet sich die Abwetterstrecke zum Schacht 2 (s. Abbildung 4.6c auf Blatt 68). Diese Strecke wurde im Jahr 2020 weiter für die Salzblaseinleitung von über Tage eingerichtet und eine Wetterwand zum Streckenkreuz erstellt. Derzeit ist geplant in die Abwetterstrecke einen weiteren Hauptgrubenlüfter zur Redundanz zu errichten. Der nördliche Streckenabschnitt, im Übergang zum Schacht 2, weist eine gebirgsmechanisch und strömungstechnisch weniger günstige Kontur auf. Weiterhin ist der offene Querschnitt im direkten Anschluss an den Schacht derzeit zu gering dimensioniert, um einen effizienten Betrieb des geplanten Lüfters zu ermöglichen. Hier zeigen sich auch Auflockerungen in der Öffnung und dem Ausbau des Schachts sowie Schädigungen des vorliegenden Maschendrahtverzugs. Daher werden Stabilisierungsmaßnahmen in Form zweier Stützbauwerke am Ost- und Weststoß inklusive des südöstlichen Pfeilers am Schacht 2 in der Abwetterstrecke empfohlen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 68
---	-----------

So kann der Pfeiler stabilisiert und der Wetterstrom günstiger kanalisiert werden. Der offene Querschnitt zum Schacht ist bedarfsgerecht zu vergrößern, dabei sind vorhandene Auflockerungen zu entfernen. Der im aufzuweitenden Bereich bereits vorgeschädigte Schachtausbau sowie der unmittelbare Übergang zur Strecke sind nachhaltig zu sichern. Aufweitungen im Firstbereich sollten möglichst mit stabiler gewölbeförmiger Kontur erfolgen.

Im südlichen Teil des Streckenkreuzes ist die Baustoffanlage (51BA) im Jahr 2020 in Betrieb genommen und ein Konvergenzmessquerschnitt instrumentiert worden. Die ersten Messungen zeigen dort geringe Verformungen. In den Bereich der neuen AFL 490 wurde die Pumpentechnik installiert. Hier ist eine rasche Inbetriebnahme vorgesehen, um den Rückzug aus dem gebirgsmechanisch stark belasteten Abbau 3/490 zu ermöglichen.

Insgesamt zeigen die Sanierungsmaßnahmen für diesen Bereich eine gebirgsmechanisch günstige Firstwölbung (Scheitelhöhe der Grubenbaue etwa 25 % der Abbaubreite) und es sind bislang keine Schädigungen zu erkennen. Insgesamt ist nach der erfolgreichen Sanierung die Gebrauchstauglichkeit des zentralen Bereiches auf der 490-m-Sohle gegeben.



(a) Blick nach Südwesten in den Bereich der Lösungsspeicherbecken mit Ausbau für das Lösungsmanagement, Stand: 06.01.2021



(b) Blick nach Südwesten in den Standort der Baustoffanlage 51BA, Stand: 06.01.2021



(c) Blick nach Südosten auf die Wetterwand in der Abwetterstrecke von Schacht 2, Stand: 06.01.2021



(d) Blick nach Süden in den Querschlag zum Messwetterfassungsraum, Stand: 05.01.2021

Abbildung 4.6: Infrastrukturräume im zentralen Bereich der 490-m-Sohle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 69
---	-----------

### Füllörter (Schacht 2 und 4) und Strecke um den Hauptgrubenlüfter

Die Füllörter Schacht 2 und 4 befinden sich im nördlichen Teil der 490-m-Sohle (s. Abbildungen 4.7a bis 4.7c, auf Blatt 69). Die Messergebnisse aus dem Jahr 2020 weisen keine gebirgsmechanisch relevante Veränderung im Vergleich zum Vorjahr aus.

Die Firste im Füllort Schacht 2 und der Schachtausbau sind mit Maschendrahtverzug und Systemankerung ausgestattet. Im Jahr 2016 wurde der Südstoßbereich im Füllort Schacht 2 teilweise nachgeschnitten und der Zugangsbereich zum Hauptgrubenlüfter umfangreich saniert. Nördlich angrenzend an den Füllort befindet sich eine Nische, in der sich die Trafostationen für die untertägige Stromversorgung befinden. Die Gebrauchstauglichkeit des Füllorts Schacht 2 auf der 490-m-Sohle ist derzeit noch gegeben. Mittelfristig ist der Schachtausbau im Bereich des Füllortes, insbesondere des Schachtkragens zu berauben und neu herzurichten, um eine langfristige Nutzung für die verlängerte Betriebsphase zu gewährleisten.



(a) Blick in den Schacht 2 am Füllort auf der 490-m-Sohle, Stand: 06.01.2021



(b) Blick vom Schacht 4 auf den Zugang zum Füllort auf der 490-m-Sohle, Stand: 06.01.2021



(c) Blick vom Schachtkorb auf den westlichen Stoß (Ziegelmauerwerk mit Stahllanker und Maschendrahtverzug) im Schacht 2 auf der 490-m-Sohle, Stand: 06.01.2021



(d) Blick auf den Hauptgrubenlüfter Richtung Schallkulisse nach Südwesten, Stand: 06.01.2021

Abbildung 4.7: Füllörter Schacht 2 und 4 sowie der Hauptgrubenlüfter auf der 490-m-Sohle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 70

Der Zugang zum Füllort Schacht 4 auf der 490-m-Sohle befindet sich am westlichen Streckenkreuz zwischen der Diagonalstrecke zum Abbau 4/490 und der Wendelstrecke im Bereich der Tankstelle. Die Gebrauchstauglichkeit des Füllortes Schacht 4 und dessen Zugangsbereich sind derzeit noch gegeben. Die zahlreich vorhandenen Ablösungen am Stoß und an der Firste wurden entfernt.

Der Standort des Hauptgrubenlüfters südlich des Füllortes Schacht 2/490 wurde im Jahr 2016 umfangreich für die neue Hauptgrubenlüfteranlage hergerichtet (s. Abbildung 4.7d auf Blatt 69). Die Konvergenzmessungen erfassen hier seit 2016 leicht rückläufige Verformungsraten. Visuell sind keine Schädigungen zu erkennen. Zur weiteren Erfassung der Verformung sind hier zusätzliche vertikale Konvergenzmessquerschnitte in Planung. Gegenwärtig ist die Gebrauchstauglichkeit der Strecke um den Hauptgrubenlüfter gegeben.

### Abbau 2/511

Im westlichen Bereich der 511-m-Sohle befindet sich der Abbau 2/511 (s. Abbildung 4.8 auf Blatt 71). Er ist über die Zufahrt von der Wendelstrecke über einen kurzen Querschlag zum Abbau 3/511 und eine Durchfahrt durch den Abbau 3/511 im Firstniveau erreichbar. Der Abbau 2/511 wurde in den Jahren 1960 bis 1964 mit einem Hohlraumvolumen von ca. 16.000 m<sup>3</sup> aufgefahren und im Zeitraum 2002 bis 2005 mit ca. 9.000 m<sup>3</sup> Salzversatz bis auf das Niveau der Abbaubegleitstrecke teilversetzt und wird derzeit als Infrastrukturräum für den Bohrbetrieb genutzt.

Die gebirgsmechanische Situation des Abbaus 2/511 ist vergleichbar zu denen in den Abbauen 3/490 und 4/490. Aufgrund der langen offenen Standzeit und der sehr geringen Firstwölbung ist mit zunehmender Schädigung vor allem im Firstbereich und Sohlenaufwölbungen zu rechnen. Vor allem am Nordstoß (Teil der Firste) im Bereich der Fluchtbohrung sind erhebliche Abschaltungen zu erkennen. Derzeit wird der Bereich am Nordstoß saniert. Zur Stabilisierung der Schweben zum darunterliegenden Abbau 2/532 wurde der Firstspalt im Abbau 2/532 mit ca. 9.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton nachverfüllt. Die Georadaruntersuchungen aus dem Jahr 2013 zeigten keine markanten Schädigungen in den gemessenen Profilen [37]. Zusätzlich wurden die vertikalen Rissstrukturen in der Sohle der Zufahrtsstrecke im Bereich des Pfeilers 2/3 bereits verfüllt.

Insgesamt ist die Gebrauchstauglichkeit des Abbaus 2/511 (Bohrwerkstatt) trotz der genannten Einschränkungen gegeben.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 71



Abbildung 4.8: Blick auf die laufenden Sanierungsarbeiten am nordöstlichen Stoß des Abbaus 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand: 05.01.2020

### Einlagerungskammer 8a/511 und Beschickungskammer

Die Einlagerungskammer 8a/511 (MAW-Kammer) befindet sich im oberen Baufeldrand der Südflanke und wurde 1961/62 als einer der letzten Abbaue auf der 511-m-Sohle im Leine-Steinsalz (Na3) nördlich des Abbaus 8/511 aufgefahren (s. Abbildung 4.9 auf Blatt 72). In der MAW-Kammer wurden insgesamt 1.293 Fässer mit mittelradioaktivem Abfall und acht Fässer mit schwachradioaktivem Abfall eingelagert. Die Einlagerung fand zwischen August 1972 und Januar 1977 statt und erfolgte ausschließlich über die Beschickungskammer, die sich in dem aufgeweiteten westlichen Zugang zum Abbau 8 auf der 490-m-Sohle befindet. Dazu wurden die Fässer mittels Seilwinde und Greifer in die MAW-Kammer herabgelassen. Zur Zeit der Einlagerung wies die ELK 8a/511 eine nahezu quadratische Grundfläche von ca. 500 m<sup>2</sup> mit einer mittleren Höhe von 14 m und ein Hohlraumvolumen von ca. 7.000 m<sup>3</sup> auf.

Die Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle wurde 1967/68 aufgefahren und ist von der Sattelrichtstrecke nach Osten erreichbar (s. Abbildung 4.10 auf Blatt 73). Das Hohlraumvolumen inklusive Zugänge beträgt ca. 700 m<sup>3</sup>. Gegen Ende des Jahres 2013 wurden der Firstbereich und die Stöße in der Beschickungskammer umfangreich beraubt und die Firste und Bereiche der Stöße mit einer Systemankerung (Ankerlänge 1 m, 1 Anker/m<sup>2</sup>) und Gewebeverzug gesichert. Der ehemalige Zugang zum Abbau 8/490 ist im südlichen Bereich mit ca. 100 m<sup>3</sup> Salzversatz versetzt. Die zu Einlagerungszeiten verwendeten Gerätschaften (Schaltschränke, Kranbahn, etc.) wurden im Jahr 2019 demontiert und ausgefördert und die neue Filteranlage des Strahlenschutzes im südwestlichen Bereich installiert. Im nördlichen Pfeiler zwischen Beschickungskammer und Kfz-Werkstatt wurde im Juni 2018 eine horizontale Stoßkontrollbohrung erstellt. Die Inspektion zeigte, dass vertikale Rissbildungen im Pfeiler vorhanden sind. Diese liegen ca. 70 cm von der Kontur entfernt und deuten auf eine fortlaufende Pfeilerbeanspruchung hin. Ansonsten ist keine gebirgsmechanisch relevante Veränderung im Vergleich zum Vorjahr zu beobachten und die gegenwärtige Gebrauchstauglichkeit ist gegeben.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 72
---	-----------

Die Schweben zwischen MAW-Kammer und Beschickungskammer (inkl. nördlichem Zugangsbereich) hat eine mittlere Mächtigkeit von 4,5 m bis 5,5 m. Aufgrund einer radioaktiven Belastung der Filteranlage (meldepflichtiges Ereignis), sowie der unklaren gebirgsmechanischen Situation wurden Ende 2016 Georadarmessungen zur Untersuchung der Schweben durchgeführt [38]. Die Ergebnisse lieferten Hinweise auf Trennflächen bzw. Ablösungserscheinungen, die sich im Bereich der Firste der MAW-Kammer aufgrund gebirgsmechanischer Beanspruchungen gebildet haben. Eine eindeutige Interpretation der Firstkontur hinsichtlich schon stattgefundenen Firstfälle ist auf Grundlage der Georadarmessergebnisse allerdings nicht möglich, da der Ursprungszustand der Firste zu Einlagerungszeiten nicht dokumentiert ist und die im Zuge der Messungen Ende 2016 erkennbar ungleichmäßige Firstkontur auch den Auffahrungszustand widerspiegeln könnte. Auf Grundlage dieser Messergebnisse sowie unter Berücksichtigung der gebirgsmechanischen Gesamtsituation ist von einem noch wenig geschädigten bzw. noch weitgehend intakten Schwebenkern (ohne durchgehende Trennflächen) auszugehen. Es ist jedoch mit erheblichen Auflockerungen im Firstbereich der MAW-Kammer zu rechnen, die mit Hilfe einer visuellen Inspektion der vorhandenen Bohrungen in der Schweben und der MAW-Kammer selbst genauer untersucht werden sollen.

Zur weiteren Stabilisierung des Nahbereichs der MAW-Kammer wurden die Resthohlräume unterhalb der MAW-Kammer auf der 532-m-Sohle inklusive des Firstspaltes im Nebenabbau 8a/532 auf der 532-m-Sohle im Jahr 2019 mit Sorelbeton verfüllt (s. Abschnitt 4.2 auf Blatt 74). Damit ist im Hinblick auf die geplante Rückholung der Gebinde aus der MAW-Kammer der Bereich unterhalb der MAW-Kammer als ausreichend stabilisiert zu bewerten. Aufgrund der teilweise noch unklaren gebirgsmechanischen Situation der Schweben zwischen der Beschickungskammer und der MAW-Kammer sowie der Firste ist weiterhin dringend eine Kamerabefahrung der Bohrungen in der Schweben und der MAW-Kammer selbst zu empfehlen. Die dafür notwendige Genehmigung steht noch aus.

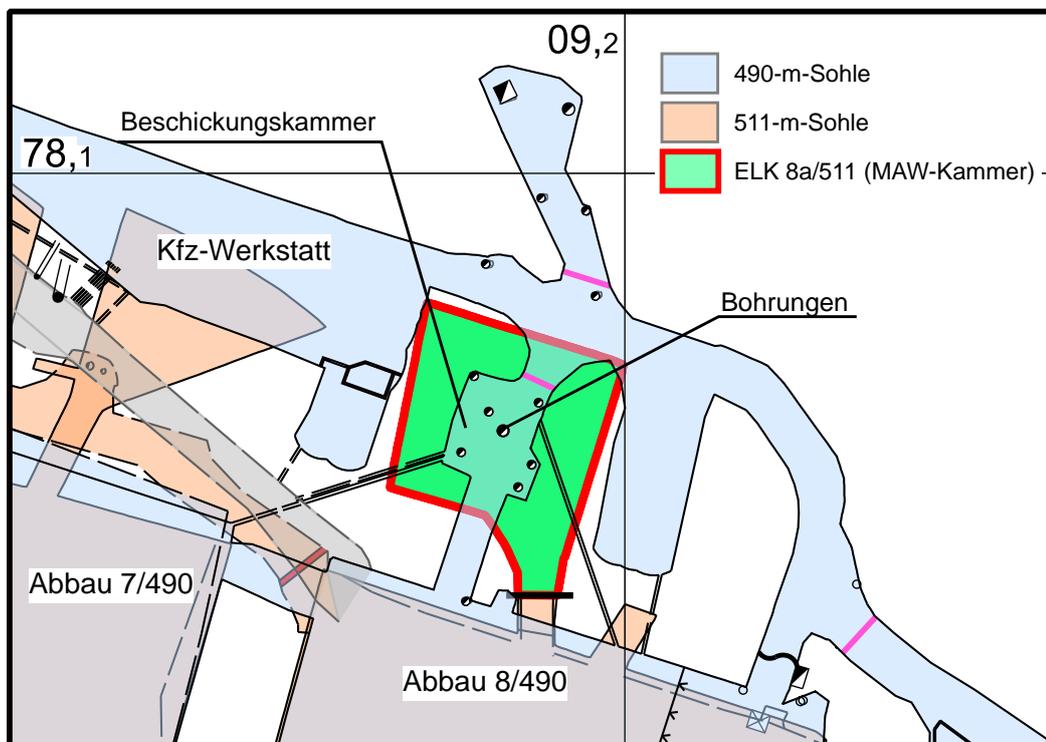


Abbildung 4.9: Auszug aus dem Sohlenriss der 490-m-Sohle (Stand: 10.02.2020) mit projizierter Einlagerungskammer 8a/511 auf der 511-m-Sohle (Stand: 30.09.2019)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 73
---	-----------



Abbildung 4.10: Blick vom Zugang zum Abbau 8/490 in die Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle, Stand: 06.01.2021

#### 4.1.4 Zusammenfassende Bewertung

Unter Berücksichtigung der gebirgsmechanischen Gesamtsituation am oberen Baufeldrand sind weitere Schädigungen, insbesondere der Firstbereiche in den Abbauen, zu erwarten. Daher ist mittelfristig ein möglichst weitgehender Rückzug aus den geschädigten Abbauen anzustreben.

Da der obere Baufeldrand des Grubengebäudes auch bezüglich der Schädigungsentwicklung in Richtung des südlich vorgelagerten Deckgebirges relevant ist, sind zur nachhaltigen Stabilisierung weitere vorgezogene Verfüllmaßnahmen auf den oberen Sohlen des Baufeldes an der Südflanke entsprechend der oben dargestellten Einschätzung situationsbezogen erforderlich. Im Zusammenhang mit der hydrogeologischen Gefährdung in der Abbaureihe 3 sind Neuauffahrungen für den westlichen Bereich nicht zu empfehlen.

Auf Grundlage der Monitoringergebnisse ergibt sich für die infrastrukturell genutzten Bereiche am oberen Baufeldrand folgende lokale Einschätzung:

- **Abbau 3/490:** Aufgrund der anhaltenden hohen mikroakustischen Aktivität ist mit einer zunehmenden Schädigung des Abbaues zu rechnen. Es sind zunehmende Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit zu besorgen. Daher ist ein schnellstmöglicher Rückzug aus dem Abbau vorgesehen. Im Anschluss ist eine firstbündige Verfüllung des Abbaues geplant.
- **Abbau 4/490 und Zugangsstrecke:** Die Schädigungsentwicklung im Abbau 4/490 war im südlichen und zum Teil im westlichen Abbauteil auf einem vergleichbaren Niveau. Die weiter anhaltende mikroseismische und mikroakustische Aktivität im südlichen Deckgebirge ist weiter zu beobachten, da sie im Zusammenhang mit dem Lösungszutritt stehen könnte. Die Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 74

- **Abbau 8/490 und 9/490:** Die Abbaue 8/490 und 9/490 weisen für die vorhandenen Firstspannweiten sehr geringe, gebirgsmechanisch ungünstige Firstwölbungen auf. Der südliche Stoß im Abbau 8/490 wurde im Jahr 2020 stabilisiert. Die Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben.
- **E-Werkstatt:** In der E-Werkstatt wurden im Jahr 2020 nur leichte Änderungen bei den vorhandenen Rissbildungen am südlichen Stoß zum Abbau 9/490 festgestellt. Je nach weiterer Entwicklung sind ggf. Stabilisierungsmaßnahmen am Südstoß erforderlich. Ansonsten ist die Gebrauchstauglichkeit der E-Werkstatt derzeit gegeben.
- **Kfz-Werkstatt:** Die Kfz-Werkstatt auf der 490-m-Sohle besitzt eine vergleichsweise günstige Konturierung der Firste. Auf Grund der intensiven betrieblichen Nutzung und geologischer Schichtflächen im Firstbereich wurde ein intensiviertes Monitoring umgesetzt, das keine gebirgsmechanisch relevanten Schädigungen zeigt. Die Gebrauchstauglichkeit ist derzeit gegeben.
- **Zentraler Bereich der 490-m-Sohle:** Aufgrund der umfangreichen und gebirgsmechanisch günstigen Nachschnitte ist die Gebrauchstauglichkeit gegeben. Es ist derzeit geplant, einen neuen redundanten Hauptgrubenlüfter zu installieren. Um den Bereich ausreichend zu stabilisieren und den Wetterstrom zu verbessern, sind weitere Sanierungsmaßnahmen in der Abwetterstrecke zu empfehlen.
- **Füllörter (Schacht 2 und 4) und Strecke um den Hauptgrubenlüfter:** Die Ablösungen im Füllort Schacht 4 werden dauerhaft kontrolliert und ggf. händisch beraubt. Am Füllort Schacht 2 sind aufgrund der verlängerten Betriebsphase ggf. Sanierungsmaßnahmen insbesondere des Schachtmauerwerkes und der angrenzenden Bereiche durchzuführen. Ansonsten ist die Gebrauchstauglichkeit derzeit gegeben.
- **Abbau 2/511:** Derzeit wird der nördliche Bereich und der Nordstoß im Abbau saniert. Die Gebrauchstauglichkeit ist gegeben.
- **MAW-Kammer und Beschickungskammer:** Die Gebrauchstauglichkeit der Beschickungskammer ist derzeit gegeben. Der Firstspalt unterhalb der Schwebe der MAW-Kammer (Nebenabbau 8a/532) und die Resthohlräume im Umfeld wurden mit Sorelbeton verfüllt. Auf der 532-m-Sohle sind damit die Stabilisierungsmaßnahmen als hinreichend für die Durchführung der Rückholung zu bewerten. Allerdings ist die gebirgsmechanische Situation der Schwebe zwischen Beschickungskammer und MAW-Kammer und somit die Firstsicherheit der MAW-Kammer teilweise noch nicht ausreichend erkundet. Zur Untersuchung der Schwebenintegrität sind visuelle Begutachtungen der vorhandenen Bohrungen selbst sowie eine Inspektion des Firstbereiches über die vorhandenen Bohrungen zur MAW-Kammer dringend zu empfehlen. So können weitere Erkenntnisse zur gebirgsmechanischen Beschaffenheit der Firste gewonnen werden. Damit wäre eine deutlich präzisere Einschätzung der Firstsicherheit und der gebirgsmechanischen Situation im Firstbereich möglich. Dies schafft eine belastbarere Grundlage für die Planung von Rückholoptionen.

## 4.2 Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle

Im Zeitraum von 1956 bis 1961 wurden auf der 532-m-Sohle im jüngeren Steinsalz (Na3) nördlich der Abbaue 6/532 – 9/532 sieben Nebenabbaue (6a/532 – 9b/532) mit einem Hohlraumvolumen von ca. 144.000 m<sup>3</sup> aufgefahren. Nach einer langen offenen Standzeit von bis zu 40 Jahren wurden die Nebenabbaue Ende 1999 bis Anfang 2000 mit Salz der Halde Ronnenberg bis ca. 3 m unterhalb der Firste teilversetzt. Der Nebenabbau 8a/532 befindet sich unterhalb der auf der 511-m-Sohle liegenden MAW-Kammer. Der südliche Teil des Nebenabbaus 8a/532 direkt unterhalb der MAW-Kammer wurde

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 75

bereits Mitte der 80er Jahre nahezu vollständig mit Salzversatz versetzt und der Firstspalt mit einer Zement-Flugasche-Suspension verfüllt.

Aufgrund der festgestellten erheblichen gebirgsmechanischen Schädigungen in diesem Bereich wurden im Zuge der Vorsorgemaßnahmen die Verfüllung der Resthohlräume der Nebenabbaue im Jahr 2020 nahezu abgeschlossen [39], [40], [41], [42], [43]. Mit den Verfüllmaßnahmen soll der weiteren gebirgsmechanischen Schädigung entgegengewirkt werden und die potentielle Ausbreitung von Salzlösung zu den radioaktiven Abfällen bzw. von diesen aus der MAW-Kammer heraus unterbunden bzw. stark verzögert werden.

Im Zeitraum August 2019 bis Anfang März 2020 wurden die Nebenabbaue 7b/532, 8b/532 und 8a/532, die Abdichtbauwerke SB-532-1 bis -4 sowie die nördliche Umfahrung auf Basis des Sonderbetriebsplan 08/2018 fertiggestellt [44]. In die nördliche Umfahrung wurden ca. 2.300 m<sup>3</sup> Sorelbeton eingebracht. Die Nebenabbaue 7b/532, 8a/532 und 8b/532 wurden insgesamt mit ca. 8.200 m<sup>3</sup> Sorelbeton nachverfüllt. Für die Abdichtbauwerke inklusive Widerlager wurden insgesamt ca. 2.400 m<sup>3</sup> Sorelbeton eingebracht. Im Anschluss daran wurde die Abbaubegleitstrecke bis hin zur Wendelstrecke ebenfalls mit ca. 4.600 m<sup>3</sup> verfüllt. Damit ist mit Stand Ende 2020 die Resthohlraumverfüllung für diesen Bereich vollständig abgeschlossen. Auch die Abdichtbauwerke im Sohlenniveau der 532-m-Sohle sind bereits vollständig erstellt. Es verbleiben noch ca. 100 m<sup>3</sup> offener Hohlraum in den vertikalen Verbindungen zur 490-m-Sohle, die im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen als Abdichtbauwerke einzubringen sind.

Mit der Verfüllung der Resthohlräume und der Erstellung der Abdichtbauwerke im Sohlenniveau der 532-m-Sohle sind nahezu alle geotechnischen Messeinrichtungen auf der Sohle nicht mehr direkt zugänglich. Es verbleiben noch die automatisch messenden Temperatursensoren in der nördlichen Umfahrung sowie das Extensometer und die Inklinometerbohrung in der Pfeilerreihe 6/7, die sich in der Messnische im Pfeiler 6/7 auf der 532-m-Sohle befinden, die über eine Bohrung aus der Abbaubegleitstrecke von der 511-m-Sohle zugänglich sind (s. Anhang 8 auf Blatt 311). Die Messergebnisse bis zum 31.12.2020 zeigen sich wie folgt:

### Extensometermessungen

Die Ergebnisse der Extensometermessungen zeigen, dass sich die Abbaue auf der 532-m-Sohle weiterhin im Bereich der maximalen Pfeilerstauchungsraten des Ostflügels befinden (s. Anhang 3.1 auf Blatt 237). Im Jahr 2020 betragen die querschlägigen Pfeilerstauchungsraten ca. 68 mm/a und befinden sich auf dem Niveau des Vorjahres (vgl. Anhang 3.1 auf Blatt 229 und Anhang 3.1 auf Blatt 233). Seit Beginn der Messungen im Jahr 2000 wird in der Pfeilerreihe 6/7 auf der 532-m-Sohle eine Gesamtstauchung von ca. 2 m gemessen.

### Inklinometerbohrung

Die Inklinometerbohrung in der Pfeilerreihe 6/7 wurde im Jahr 2020 mit automatisch messenden Neigungs- und Temperatursensoren instrumentiert. Derzeit laufen die Messsysteme noch im Testbetrieb. Für qualitätsgerechte Messungen steht noch die anforderungsgerechte Verfüllung der Bohrung aus, damit die Neigungssensoren einen formschlüssigen Anschluss an das umliegende Gebirge haben.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 76
---	-----------

## Temperaturmessungen

Die Entwicklung der Temperatur am Süd- und Nordstoß der nördlichen Umfahrung wird seit Juli 2013 in zwei Bohrungen überwacht. Die Messsensoren befinden sich jeweils in 1 m und 3 m Bohrlochteufe (s. Anhang 8 auf Blatt 311). In Anhang 8 auf Blatt 311 ist der zeitliche Verlauf der Temperatur für beide Messstellen dargestellt. Daraus lässt sich ableiten, dass die Ausgangswerte vor der Verfüllung des Nebenabbaus 6a/532 ca. 30 °C bis 32 °C betragen. Infolge der Verfüllung – im August 2013 und von Januar bis März 2014 – wurde eine Temperaturerhöhung von ca. 2 K bis 3 K beobachtet (Maximum im September 2015). Im Anschluss daran konnte bis Mitte 2017 ein leichter Rückgang der Temperatur auf ca. 32 °C bis 33 °C beobachtet werden. Im Zeitraum Mitte 2017 bis Beginn 2020 konnten mehrere kurzzeitige Anstiege der Temperatur um max. 3 K gemessen werden, die auf Veränderungen der Bewitterung in diesem Bereich im Zuge von Nachschnitтарbeiten, auf Erstellung eines Reinigungsplatzes für Fahrzeuge in der Abbaubegleitstrecke sowie vermehrten Laderverkehr zurückzuführen sind.

Im Zuge der Verfüllung der nördlichen Umfahrung ist ein deutlicher Anstieg der Temperatur zu beobachten. Die Messsensoren in 1 m Bohrlochtiefe registrierten mit Beginn der Verfüllung einen Anstieg von ca. 21 K bis 32 K auf max. 54 °C bis 60 °C. Die Sensoren in 3 m Bohrlochtiefe zeigten einen geringeren Anstieg von ca. 9 K bis 10 K auf maximale Temperaturen von ca. 40 °C bis 42 °C. Der Anstieg verläuft zudem erwartungsgemäß flacher und ist zeitlich versetzt. Die maximalen Temperaturen durch den Wärmeeintrag des Sorelbetons auf den Konturbereich der Strecke treten ungefähr bei der Hälfte des Betoniervorgangs ein. Im Anschluss kann ein Rückgang der Temperatur beobachtet werden, der sich bis zum Berichtsstand weiterhin fortsetzt (s. Anhang 8 auf Blatt 311). Ende 2020 betragen die Temperaturen ca. 33 °C bis 35 °C und liegen damit nur noch 2 K bis 3 K über den Werten von vor der Betonage der Strecke.

## Mikroseismik

Die Ergebnisse der mikroseismischen Aktivitäten sind in Abschnitt 2.4.4.2 auf Blatt 39 und Anhang 5.8 auf Blatt 265 dargestellt. Die mikroseismischen Ereignisse sind im betrachteten Bereich vor allem auf die Verfüllung in diesem Bereich zurückzuführen. Im Berichtszeitraum war die mikroseismische Aktivität leicht erhöht, was in Anbetracht der umfangreichen bergbaulichen Maßnahmen zu erwarten war.

## Beschreibung der Situation

Die Resthohlraumverfüllung im Firstniveau der 532-m-Sohle ist mit der Verfüllung der Abbaubegleitstrecke im Jahr 2020 nahezu abgeschlossen. Auf Grundlage der Messergebnisse kann insgesamt von einem positiven gebirgsmechanischen Effekt der Verfüllung mit Sorelbeton für diesen Bereich ausgegangen werden. Eine nachteilige thermische und/oder mechanische Einwirkung auf die Stabilität des Gebindekegels in der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle ist durch die Betonage des Firstspaltes im Nebenabbau 8a/532 nicht eingetreten [45]. Ebenso ist die Betonage der nördlichen Umfahrung positiv auf die Stabilität des Schachtsicherheitspfeilers zu bewerten [46].

Durch die formschlüssige Verfüllung des Firstspaltes im Nebenabbau 8a/532 ist, im Hinblick auf die geplante Rückholung der Gebinde aus der MAW-Kammer, von einer ausreichenden Stabilisierung auszugehen. Für die vollständige Abdichtung des MAW-Nahbereiches stehen noch die Verfüllungen der vertikalen Verbindungen zwischen der 532-m- und der 490-m-Sohle aus. Da diese Verbindungen für die langzeitlichen Sicherheitsbetrachtungen eine eher untergeordnete Rolle spielen und die Verbindungen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 77
---	-----------

auf der 490-m-Sohle in einem infrastrukturellen viel genutzten Bereich liegen, werden diese Verfüllungen zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt, wenn der betriebliche Ablaufplan es ermöglicht.

Mit dem mittlerweile ca. 46.000 m<sup>3</sup> eingebrachten Sorelbeton und ca. 332.000 m<sup>3</sup> eingebrachten Salzversatz ist die 532-m-Sohle, auf der sich im östlichen Bereich das Pfeilerstauchungsmaximum des Ostflügels befindet, substantiell stabilisiert und der Bereich ist vollständig abgeworfen (s. Abbildung 4.11 auf Blatt 77). Bei einer integralen Porosität im Salzversatz von ca. 35 % ergibt sich ein Porenvolumen im Salzversatz von ca. 116.000 m<sup>3</sup> für die gesamte Sohle.



Abbildung 4.11: Blick von der Wendelstrecke auf die Abschlussmauer zur Abbaubegleitstrecke der 532-m-Sohle, 05.01.2021

### 4.3 Situation im Bereich der Wendelstrecke

#### 4.3.1 Standortbeschreibung

Die Wendelstrecke stellt als einzige durchgehend befahrbare Verbindung von der 490- zur 850-m-Sohle eine für den Betrieb des Bergwerkes wesentliche Infrastrukturkomponente dar. Ausgehend von der 750-m-Sohle wurde von 03/1970 bis 12/1978 der Wendelstreckenabschnitt zur 800-m-Sohle aufgefahren. Im Zeitraum von 09/1972 bis 01/1975 erfolgte der Streckenvortrieb von der 750- zur 490-m-Sohle. Ab 08/1974 wurde die Wendelstrecke im Gegenortbetrieb, d. h. von der 490-m-Sohle abwärts, aufgefahren. Der Durchschlag wurde im Januar 1975 nördlich des Abbaus 8 auf der 595-m-Sohle erreicht. Im Zeitraum von 09/1983 bis 02/1984 erfolgte die Auffahrung von der 800- zur 850-m-Sohle (Verlauf Wendelstrecke siehe Anhang 9.1 auf Blatt 312). Die Wendelstrecke wurde ursprünglich mit einem Regelquerschnitt von etwa 15 m<sup>2</sup> aufgefahren, in Abhängigkeit von zwischenzeitlich erfolgten Sanierungs- und Aufweitungsarbeiten schwankt der Querschnitt derzeit zwischen etwa 17 m<sup>2</sup> bis 23 m<sup>2</sup> (exemplarisch an Wettermessstellen ermittelt).

Von der 490-m-Sohle bis zum Firstniveau der 700-m-Sohle befindet sich die Wendelstrecke in unmittelbarer Nähe der Abbaue im Baufeld an der Südflanke, welches starken gebirgsmechanischen Einwirkungen unterliegt. Ab der 553-m-Sohle verläuft die Wendelstrecke zunehmend im weniger standfesten Carnallitit bzw. im unmittelbaren Grenzbereich dazu. Ab der 700-m-Sohle liegt die Wendelstrecke

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 78
---	-----------

im Bereich des intensiv durchbauten Baufelds im Sattelnern mit kleinräumig wechselnden Schichtfolgen der Staßfurt-Formation.

Bedingt durch die vorliegenden geologischen und gebirgsmechanischen Faktoren sind insbesondere in den Bereichen von der 637- bis zur 775-m-Sohle erhebliche Schädigungen an der Wendelstrecke festzustellen. Daher wird dort seit 2012 ein intensives geotechnisches Monitoring, einhergehend mit der Empfehlung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, durchgeführt [33], [47]. Aufgrund festgestellter Schäden bzw. Beanspruchungen wurden die unmittelbar an die Wendelstrecke anschließenden bzw. in deren Streckenverlauf einbezogenen Infrastrukturbereiche in das Monitoring mit aufgenommen. Hierzu gehören auf der 750-m-Sohle der Hauptquerschlag nach Süden sowie die Streckenaufweitung in der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen, von der die Wendelstrecke zur 775-m-Sohle abzweigt. Das Monitoringprogramm wird bedarfsweise angepasst, so wird seit 2018 auch der durch Vertikalrisse intensiv geschädigte Wendelstreckenabschnitt im Bereich des Pfeilers zwischen den Abbauen 4/5 auf der 616-m-Sohle intensiver in das Monitoring einbezogen.

Die Betrachtung der übrigen Wendelstreckenabschnitte erfolgt auf Grundlage regelmäßiger visueller Kontrollen und vorliegender Standortdaten.

Zur detaillierten räumlichen Zuordnung, der im Rahmen des geotechnischen Monitorings betrachteten Wendelstreckenabschnitte von der 490- bis zur 850-m-Sohle (s. Anhang 9.1 auf Blatt 312), erfolgt eine Aufteilung in die folgend aufgeführten Abschnitte - unter Berücksichtigung ihrer jeweils unterschiedlichen Monitoringprogramme bzw. Schadensbilder:

1. Wendelstrecke von der 490-m-Sohle bis oberhalb Pfeiler 4/5 auf der 616-m-Sohle
2. Wendelstrecke vom Pfeiler 4/5 auf der 616-m-Sohle bis oberhalb der Wendelkehre von der 616- zur 637-m-Sohle
3. Wendelstrecke von der Wendelkehre 616- zur 637-m-Sohle bis zum Übergang des Sohlenniveaus der 679-m-Sohle zur 700-m-Sohle
4. Wendelstrecke vom Firstniveau der 700-m-Sohle bis zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle (wird in einem separaten Monitoringbericht zur 700-m-Sohle beschrieben und bewertet [48]) und im Jahresbericht entsprechend aktualisiert unter Abschnitt 4.4 auf Blatt 96 aufgeführt
5. Wendelstrecke vom Firstniveau der 725-m-Sohle bis zum Anschluss an die Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle
6. Wendelstrecke von der Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle bis zum Abzweig der Wendelstrecke von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle
7. Wendelstrecke vom Abzweig der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle bis zum Temperaturversuchsfeld V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle
8. Wendelstrecke unterhalb des Temperaturversuchsfelds V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle bis zu den Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle

### 4.3.2 Messergebnisse, visuellen Beobachtungen und sonstigen Standortdaten

Neben regelmäßigen Dokumentationen visueller Beobachtungen wurden folgende geotechnische Instrumentierungen bzw. Erkundungsmaßnahmen ausgewertet, wobei die Lage der Messstellen u. a. Anhang 1.1 auf Blatt 201 zu entnehmen ist:

- First- und Stoßkontrollbohrungen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 79
---	-----------

- Sohlkontrollbohrungen (Sohlkontrollbohrungen auf der 700-m-Sohle werden in Abschnitt 4.4 auf Blatt 96 abgehandelt)
- Konvergenzmessungen
- Rissbeobachtungen (Fissurometermessungen, Rissmarken)
- Extensometermessungen
- Georadarmessungen

### Wendelstrecke von der 490-m-Sohle bis oberhalb Pfeiler 4/5 auf der 616-m-Sohle

Für die Bewertung der Wendelstreckenabschnitte von der 490- bis zum Pfeiler 4/5 auf der 616-m-Sohle wird bislang überwiegend auf laufende visuelle Kontrollen und vorliegende Standortdaten zurückgegriffen. Zur Dokumentation der bereichsweise intensiven Schädigung der Wendelstreckenkontur im oberen Grubenbereich (s. a. Anhang 9.1 auf Blatt 312) werden hier exemplarisch zwei Streckenabschnitte mit besonders markanten Abschaltungen bzw. Rissen an den Stößen aufgeführt, an denen Sanierungsbedarf vorliegt - insbesondere in den im Carnallilit stehenden Bereichen unterhalb der 532-m-Sohle. So zeigt der Südstoß im Bereich zwischen der Zufahrt zur Abbaubegleitstrecke auf der 553-m-Sohle und der Einmündung der Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle intensive Abschaltungen, welche bislang nur partiell händisch beraubt und nicht durch Anker gesichert sind. Auch der Wendelstreckenabschnitt zwischen den Abbauen 7/595 und 8/595 weist signifikant entfestigte Stoßabschnitte ohne Ankerung auf (s. Abbildung 4.12).



Abbildung 4.12: Signifikant entfestigter Nordstoß der Wendelstrecke auf Höhe zwischen Abbau 7 und Abbau 8 auf der 595-m-Sohle, Blick nach Westen (05.01.2021)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

### Wendelstrecke vom Pfeiler 4/5 auf der 616-m-Sohle bis oberhalb der Wendelkehre 616-/637-m-Sohle

Im weiteren westlichen Verlauf der Wendelstrecke, auf Höhe des Pfeilers zwischen den Abbauen 4 und 5 und entlang des Abbaus 4 auf der 616-m-Sohle, wurde jeweils am Nord- und Südstoß ein umfangreiches Rissinventar von vertikalen, diagonalen und horizontalen Rissen detektiert (s. Abbildung 4.13). Dieser Bereich liegt direkt oberhalb des verfüllten Streckenkreuzes vom ursprünglichen Wendelstreckenverlauf auf der 637-m-Sohle. Unmittelbar nördlich des Wendelstreckenabschnitts verläuft im Hangenden die Firststrecke nach Westen, deren Zugänge zu den Abbauen 4/616 und 5/616 mittig bzw. am Rand von der Wendelstrecke unterfahren werden.

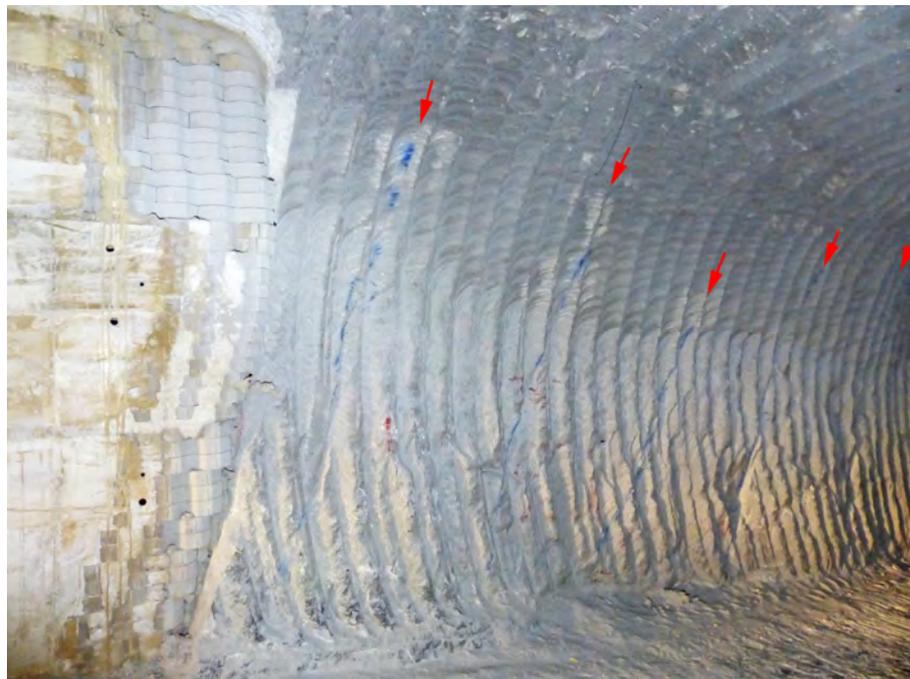


Abbildung 4.13: Diagonale Risse mit Messpunkten der Öffnungsweite und markierten Rissenden westlich des Stützmaurelements am Südstoß im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle, Blick nach Südwesten (05.01.2021)

In diesem Abschnitt der Wendelstrecke wurden zur Rissüberwachung im August 2019 exemplarisch an 4 Rissen am Nord- sowie an 9 Rissen am Südstoß Messpunkte zur Ermittlung der Öffnungsweiten festgelegt (s. Abbildung 4.13) und die Endpunkte der Risse, soweit möglich, markiert. Für den Nordstoß wurden an den markierten Rissen am 22.02.2021 Öffnungsweiten von 9 mm bis 16 mm, mit Aufweitungsraten von max. 1,0 mm/a seit der Messung vom 12.02.2020, ermittelt. Rissverlängerung konnten in diesem Zeitraum aus technischen Gründen nicht gemessen werden. An den überwachten Rissen im anstehenden Salz am Südstoß werden am 22.02.2021 Öffnungsweiten von 3,0 mm bis 16 mm verzeichnet, wobei aufgrund vorgenommener Betonagen zwei Risse entfallen sind. Die maximalen Aufweitungsraten der Rissöffnungen stagnieren an den verbliebenen Rissen seit dem 12.02.2020 bzw. sind leicht rückläufig - Rissverlängerung konnten aus technischen Gründen nicht gemessen werden. Im Bereich der neu erstellten Stützmaurelemente im Umfeld der stabilisierten Nische wurden an drei Rissen Messpunkte für Öffnungsweite und Versatzbewegungen eingerichtet. Die Öffnungsweiten liegen dort am 22.02.2021 zwischen 2 mm bis 5 mm, die Versatzbewegungen zwischen 7,5 mm bis 13 mm.

Zur Erkundung von potentiellen Hohlräumen im Umfeld des geschädigten Streckenabschnitts, als mögliche Ursache der Rissbildungen, wurde zunächst die Sohlkontrollbohrung SKBrg. 616-01 erstellt, welche das unterlagernde verfüllte Wendelstreckenkreuz jeweils im First- und Sohleniveau der 637-m-Sohle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 81
---	-----------

durchteuft. Die Bohrung wurde aus einer zuvor freigeladenen und durch Stützmauern stabilisierten Nische im Querschlag zum Abbau 5/616 gestoßen (s. Abbildung 4.14). In diesem Zuge wurde auch ein kurzer westlich anschließender Bereich des geschädigten Südstoßes nachgeschnitten und mit einer Mauer stabilisiert. Die Bohrspur der SKBrg. 616-01 folgt in etwa dem Verlauf des betrachteten Wendelstreckenabschnitts, bei der Inspektion wurden neben einem maximal ca. 0,5 cm breiten Firstspalt im Übergang zur verfüllten Wendelstrecke im Firstniveau der 637-m-Sohle (s. Anhang 9.4, Bild 63 auf Blatt 315) und diversen rissförmigen Konturausbrüchen keine relevanten Hohlräume angetroffen. Am Bohrungstiefsten hatte sich eine geringe Menge Lösung angesammelt, welche bislang nicht für eine Probenahme ausreichte und als Feuchtstelle mit dem Katastercode P637032 geführt wird.



Abbildung 4.14: Gesicherte Nische im Querschlag zum Abbau 5/616 auf der 616-m-Sohle mit Übergang zu Stützmaurelement am Südstoß des Pfeilers 4/5 und Ansatzpunkt SKBrg. 616-01, Blick nach Südwesten (05.01.2021)

Zwei weitere Sohlkontrollbohrungen wurden zur Erkundung der nördlich des geschädigten Wendelstreckenabschnitts auf der 616-m-Sohle gelegenen, mit Salzversatz verfüllten, Firststrecke nach Westen gestoßen, wobei sich die Bohransatzpunkte im Querschlag zum Blindschacht 2 auf der 553-m-Sohle befinden. Die Bohrspuren der beiden Sohlkontrollbohrungen SKBrg. 553-01 und SKBrg. 553-02 verlaufen durchschlägig in die Firststrecke auf der 616-m-Sohle, jeweils auf Höhe der Zugänge zum Abbau 4/616. Die SKBrg. 553-01 trifft in der Firststrecke auf Höhe des östlichen Zugangs zum Abbau 4/616 unmittelbar auf Versatzmaterial, vermutlich weil sie nicht in der Firste sondern im Bereich des unteren Nordstoßes durchschlägig ist (s. Anhang 9.4, Bild 61 auf Blatt 315). Dagegen wird in SKBrg. 553-02, auf Höhe des westlichen Zugangs zum Abbau 4/616, ein mindestens 60 cm breiter Hohlraum im Firstbereich der Firststrecke angetroffen (s. Anhang 9.4, Bild 62 auf Blatt 315). Auch in SKBrg. 553-02 wird Lösung angetroffen und als Feuchtstelle mit dem Katastercode P595028 geführt.

Des Weiteren wurden im betreffenden Wendelstreckenabschnitt auf der 616-m-Sohle im Dezember 2019 Georadarmessungen an der Firste und den Stößen durchgeführt.

Ziel der Georadaruntersuchungen an der Wendelstreckenfirste war die Lokalisation von Durchhieben zu den Abbauen 4 und 5/616 in der überlagernden Firststrecke. Damit sollten die Ansatzpunkte von Firstkontrollbohrungen in die Durchhiebe festgelegt sowie konturnahe Auflockerungen detektiert

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 82

werden. Bei den Untersuchungen wurden die Durchhiebe gefunden und konturnahe Reflexionen erkannt, vornehmlich im Bereich unterhalb der Durchhiebe. Die Reflexionsursachen im konturnahen Bereich können anhand der geplanten Firstkontrollbohrungen untersucht werden.

Ferner wurden auf Grund lokaler Auflockerungserscheinungen zusätzlich Georadaruntersuchungen an den Wendelstreckenstößen durchgeführt (s. Anhang 9.2 auf Blatt 313). Die vorgefundenen Reflexionen verlaufen nahezu parallel zur Wendelstrecke und korrelieren insbesondere am Nordstoß gut mit den dort zu erwartenden geologischen Schichtwechseln, wobei die Ausbildung offener Trennflächen nicht ausgeschlossen werden kann. Am Südstoß sind neben parallel zur Wendelstrecke ausgebildeten Reflexionen, auch Reflexionen aus den hinter der Wendelstrecke liegenden Abbauen detektiert worden. Dabei zeigt sich im nordöstlichen Bereich des Abbaus 4/616 eine Reflexion, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Resthohlraum im Abbau schließen lässt. Zur Klärung der Reflexionsursachen bzw. des Ausmaßes der Entfestigung werden am Nordstoß zunächst drei Stoßkontrollbohrungen und am Südstoß eine Bohrung gestoßen.

### Wendelstrecke von der Wendelstreckenkehre 616/637 bis zum Sohlenniveau der 679-m-Sohle

Die Firstkontrollbohrungen FKBrG. 637-30 bis FKBrG. 637-34 in diesem Wendelstreckenabschnitt weisen Feuchtigkeit in der Bohrlochkontur und teilweise signifikante Salzausblühungen auf, welche auf Zersetzungserscheinungen im Carnallit durch feuchte Grubenwetter zurückgeführt werden. Anteilig können diese auch auf ausgebildete Schädigungen hinweisen, ein seit der Erstinspektion in FKBrG 637-30 bei 0,3 m Teufe detektierter Riss, im Bereich der geankerten Wendelstreckenkehre 616/637, zeigt sich unverändert (s. Anhang 9.3, Bild 55 auf Blatt 314). Auch die in der Wendelkehre auf der 679-m-Sohle gelegene Firstkontrollbohrung FKBrG. 679-01 weist deutliche Feuchtigkeit und Salzausblühungen in der Bohrlochkontur auf.

Die Konvergenzmessungen innerhalb der 2012/2013 neu erstellten Umfahrungen von abgeworfenen älteren Wendelstreckenabschnitten (s. Anhang 9.1 auf Blatt 312) belegen seit Messbeginn eine überwiegend leicht degressive bzw. zuletzt eher stagnierende Entwicklung der Konvergenzraten (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). Hierbei deuten die in der unteren Umfahrung tendenziell höheren Verformungsraten (K036 u. K037), welche teilweise deutlich oberhalb der Vergleichswerte liegen, auf eine stärkere Beanspruchung als in der oberen Umfahrung (K034 u. K035) hin. Die Ende Dezember 2020 ermittelten Konvergenzraten zur Vormessung liegen für die oberen Umfahrungsabschnitte (von Wendelstreckenkehre 616/637 bis Wendelstreckenkehre Sohlenniveau 637 mit K034 und K035) zwischen 2,6 mm/a bis 4,9 mm/a und liegen näher zusammen als im Vorjahr. In den unteren Umfahrungsabschnitten (von Wendelstreckenkehre Sohlenniveau 637 bis Querschlag zu Abb. 4/637 mit K036 und K037) werden zwischen 7,3 mm/a bis 8,7 mm/a erfasst, was unterhalb der Vorjahreswerte liegt (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Die weiterhin auf hohem Niveau verlaufenden Pfeilerstauchungsraten führen zu einer fortschreitenden Schädigung im Bereich der 637-m-Sohle. Die dort ermittelten Pfeilerstauchungsraten in den Pfeilern 2/3 bis 4/5 liegen mit Werten zwischen ca. 32 mm/a bis 47 mm/a tendenziell geringfügig unterhalb der Vorjahreswerte.

Im Bereich der 658-m- und 679-m-Sohle stagnieren die Pfeilerstauchungsraten in den Pfeilern 1/2 bis 2/3 weitgehend auf vergleichsweise niedrigem Niveau, wobei sich die Spannweite der Werte von ca. 6 mm/a bis 13 mm/a gegenüber den Vorjahreswerten marginal vergrößert hat (Anhang 3.1 auf Blatt 224).

An den noch vom ursprünglichen Wendelstreckenverlauf verbliebenen Stößen in der Wendelkehre, im Sohlenniveau der 637-m-Sohle, zeigen sich teilweise Risse und Abschalungen. Im Bereich der

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 83
---	-----------

2012/2013 als obere und untere Umfahrung aufgefahrenen Streckenabschnitte sind noch keine relevanten Schädigungen erkennbar. Im weiteren Verlauf der Wendelstrecke, vom Anschluss der unteren Umfahrung im Sohlenniveau der 637-m-Sohle bis zum Zugang zu Abbau 3 auf der 658-m-Sohle, wurde der entfestigte Südstoß sukzessive mit Stützmauern stabilisiert. Daran nach Osten anschließend wurde im Dezember 2020 der Zugang des Querschlags zum Abbau 4/637 mit einer Schalungsmauer versehen und der Querschlag zur anschließenden Verfüllung vorbereitet (Abbildung 4.15), welche Anfang 2021 abgeschlossen wurde.

Die Stützmauerelemente am Südstoß zeigen bislang nur wenige Rissbildungen, nur die kurze Stützmauer westlich des Zugangs zum Abbau 3/658 weist bereits kurz nach Erstellung diverse vertikale sowie horizontale Rissbildungen auf und es werden dort seit Mai 2020 Risse beobachtet. An fünf Messstellen werden am 22.02.2021 Öffnungsweiten von 3,5 mm/a bis 4,0 mm gemessen, die Aufweitungsraten zur Vormessung vom 13.05.2020 verlaufen dort mit unter 1 mm/a auf einem niedrigen Niveau, die gemessenen Versatzbewegungen haben in dem Zeitraum um 1,0 mm auf insgesamt maximal 4,0 mm zugenommen.



Abbildung 4.15: Abgemauerter Zugang des Querschlags zum Abbau 4/637 auf der 616-m-Sohle in östlicher Verlängerung der bereits erstellten Stützmauer am Wendelstreckensüdstoß, Blick nach Südwesten (05.01.2021)

Der Nordstoß der Wendelstrecke weist insbesondere im Bereich der 658-m-Sohle zunehmend flache Abschalungen auf (Abbildung 4.16).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 84



Abbildung 4.16: Östlich und westlich des Zugangs zum Abbau 3/658 am Südstoß erstellte Stützmaurelemente sowie Abschalungen am Nordstoß, Blick nach Westen (05.01.2021)

Die auf Höhe der Abbaue 3 und 4/658 eingerichteten Konvergenzmessstrecken K014 und K015 sowie die im weiteren Verlauf der Wendelstrecke auf der 679-m-Sohle gelegenen Konvergenzmessstrecken K016 und K017 zeigen 2020 einen uneinheitlichen Verlauf der Konvergenzraten (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26), wobei die Werte der horizontalen Messstrecken von K014, K015 und K016 nicht erfasst werden konnten. Die Verformungsraten der mittig der Abbaureihe 3 installierten westlichen Messstrecken K014 und K016 liegen unterhalb und die der weiter östlich, näher an Abbaureihe 4 installierten Messstrecken K015 und K017, liegen deutlich oberhalb der in diesem Grubenbereich für 2020 ermittelten Verformungsraten (Vergleichswerte für Südflanke Wendelstrecke, 490- bis 700-m-Sohle, Carnallitit). Die Ende Dezember 2020 ermittelten Konvergenzraten zur Vormessung liegen für die westlichen Messstrecken K014 und K016 zwischen 5,2 mm/a bis 7,1 mm/a und für die östlichen Messstrecken K015 und K017 zwischen 13,2 mm/a bis 14,3 mm/a (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Die Stöße der Wendelstrecke von der 658- bis zur 679-m-Sohle weisen beidseitig unterschiedlich stark ausgebildete Abschalungen auf, wobei die Schädigungen augenscheinlich insbesondere von der Wendelkehre der 679-m-Sohle bis zum Firstniveau der 700-m-Sohle zunehmen (Abbildung 4.17).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 85



Abbildung 4.17: Wendelstrecke im Bereich der 679-m-Sohle im Bereich der Abbaureihe 2/3 mit zunehmend geschädigten Stößen, Blick nach Westen (05.01.2021)

#### Wendelstrecke vom Firstniveau der 700-m-Sohle bis zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle

Ausführungen zum etwa 230 m langen Wendelstreckenabschnitt auf der 700-m-Sohle erfolgen im Abschnitt 4.4 auf Blatt 96.

#### Wendelstrecke vom Firstniveau der 725-m-Sohle bis zum Anschluss an die Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle

Zur Bewertung der Situation in diesem Wendelstreckenabschnitt werden auch die zwei im unteren Sohlenbereich der 700-m-Sohle gelegenen Konvergenzmessstrecken K17 und K021 einbezogen. Im Streckenteil der ersten oberen 35 m, bis etwa zur Konvergenzmessstrecke K021, liegen keine relevanten visuell erkennbaren Schädigungen vor. Die Verformungsraten der beiden östlichen Messstrecken K17 und K021 liegen 2020 unterhalb der Vergleichswerte für diesen Grubenraum (Vergleichswerte für Sattelniveau Streckensysteme, 700- bis 775-m-Sohle, Staßfurtsteinsalz mit Verformungsraten von etwa 0,5‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,0‰/a für die vertikale Messstrecke) - jedoch oberhalb des Niveaus von 2019. Die Ende Dezember 2020 ermittelten Konvergenzraten zur Vormessung liegen für die Messstrecken K17 und K021 zwischen -1,2 mm/a bis 3,7 mm/a. Dabei zeigt K17 größere Schwankungen in beide Richtungen, im Mittel liegen die Raten aber weiterhin im Rahmen der seit 2015 ermittelten Werte (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 86



Abbildung 4.18: Intensiv entfestigter Südstoß östlich des Zugangs von Abbau 6/725 (Na2) im Wendelstreckenabschnitt von der 700- zur 725-m-Sohle, der Nordstoß wurde bis unterhalb des Querschlags zum Hauptgesenk I westl. mit einer Stützmauer saniert, Blick nach Nordwesten (05.01.2021)

Weiter westlich sind an Nord- und Südstoß zunehmend Abschalungen ausgebildet, daher wurden dort 2016 und 2017 zwei, bis westlich des Querschlags zum Hauptgesenk I westl. reichende, Abschnitte des intensiv geschädigten Nordstoßes mit einer Sorelbetonmauer stabilisiert (Abbildung 4.18). Diese Stützmauer am Nordstoß wurde im November 2019 im Rahmen der Auffahrung einer zur 700-m-Sohle verlaufenden Fluchtstrecke, gegenüber des verfüllten östlichen Zugangs zur ELK 7/725, durchörtert. Seitdem zeigen sich zunehmend lokale Rissbildungen geringer Öffnungsweite im unmittelbaren Kontaktbereich zwischen Betonmauer und anstehendem Salz. Der Südstoß weist im östlichen Teil des betrachteten Streckenabschnitts, unterhalb der oberen 35 m, ebenfalls deutliche Abschalungen bis zum Zugang zu Abbau 6/725 (Na2) auf. Weiter unterhalb, bis zum westlichen Zugang der ELK 7/725, zeigt sich der Südstoß weniger entfestigt.

Im unteren (westlichen) Teil des Wendelstreckenabschnitts vom Firstniveau bis zum Sohlenniveau der 725-m-Sohle zeigen sich an Nord- und Südstoß intensive Abschalungen, welche durch eine Systemankerung gesichert sind. Die Wendelstrecke verläuft dort im verformungsaktiveren Carnallit, einzelne Ankerplatten der erkennbar beanspruchten Sicherung sind abgerissen. Die in diesem Abschnitt auf Höhe mittig von Abbau 8/725 (Na2) gelegene Konvergenzmessstrecke K022 weist 2020 mit mittleren Verformungsraten von 0,9‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,6‰/a für die vertikale Messstrecke, im Vergleich zu den beiden östlichen Messstellen, deutlich höhere Verformungsraten auf, die oberhalb der Vorjahreswerte liegen. Die Raten liegen nah an den in diesem Grubenbereich für 2020 ermittelten mittleren Verformungsraten (0,9‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,5‰/a für die vertikale Messstrecke). Die Ende Dezember 2020 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate liegt für K022 bei 6,3 mm/a, die vertikale Konvergenzrate bei 6,6 mm/a (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Die Firstkontrollbohrungen in diesem Wendelstreckenabschnitt zeigen Salzausblühungen als Hinweis auf Feuchtigkeit in der Bohrlochkontur, aber keine geöffneten Risse bzw. relevanten Konturausbrüche (Anhang 9.3, Bild 56 auf Blatt 314).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 87

### Wendelstrecke von der Wendelkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle bis zum Abzweig der Wendelumfahrung von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle

Der westliche Teil dieses Wendelstreckenabschnitts ist durch die 2015 durchgeführte Stabilisierung der östlichen Wendelstreckenkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle und die 2015/2016 erfolgte Erstellung von Sorelbeton-Stützmauern entlang der nachgeschnittenen Stöße aktuell als ausreichend stabilisiert anzusehen (Abbildung 4.19).



Abbildung 4.19: Westlicher Wendelstreckenabschnitt von der 725-m- zur 750-m-Sohle mit durch Stabilisierungsmauern saniertem Nord- und Südstoß (Lage Konvergenzmesssstelle K047), Blick nach Südosten (05.01.2020)

Im Bereich der Wendelstreckenkehre im Sohlenniveau der 725-m-Sohle werden seit März 2018 überwiegend vertikale Risse in den inneren und äußeren Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken vermessen. An den markierten Rissen wurden zuletzt am 24.11.2020 Öffnungsweiten von 1 mm bis 15 mm, mit deutlich differierenden Aufweitungsraten von  $-1,8$  mm/a bis  $2,7$  mm/a zur Vormessung vom 05.05.2020, ermittelt.

Auch in den Sorelbeton-Stützmauern an den Stößen des westlichen Wendelstreckenabschnitts werden seit März 2018 Risse aufgenommen. An Nord- und Südstoß werden am 24.11.2020 Öffnungsweiten von Haarrissbreite bis 5 mm gemessen, die Aufweitungsraten zur Vormessung vom 13.05.2020 verlaufen dort mit maximal  $1,9$  mm/a auf einem insgesamt weiterhin niedrigem Niveau.

Die dort installierte Konvergenzmesssstelle K047 weist als Besonderheit zwei horizontale Messstrecken auf, eine verankert im Stützbauwerk (H1) und eine im anstehenden Salz (H2). An K047 werden 2020 Konvergenzraten von  $6,4$  mm/a für die horizontale Messstrecke H1 und  $9,4$  mm/a für die vertikale Messstrecke ermittelt, welche geringfügig oberhalb der Werte von 2019 liegen. Die Konvergenz in der im Salz verankerten horizontalen Messstrecke H2 stellt sich 2020 mit Raten von  $-2,1$  mm/a weiterhin als divergierend dar, diese Entwicklung zeigt sich jedoch gegen Ende des Jahres als zunehmend rückläufig dar. So liegt für K047 die Ende Dezember 2020 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate im Salz (H2) statt bei einer divergenten Entwicklung bereits bei  $1,2$  mm/a. Die horizontale Konvergenzrate

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 88

im Beton (H1) beträgt 5,9 mm/a, die vertikale Konvergenzrate 10,1 mm/a und liegen damit nur marginal über den Vorjahreswerten (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Die Konvergenzmessstelle K047 weist Verformungsraten von 1,0‰/a für die horizontale Messstrecke H1 und 1,8‰/a für die vertikale Messstrecke auf und liegen damit geringfügig über den Vorjahreswerten sowie über dem Niveau der in diesem Grubenbereich für 2020 ermittelten Verformungsraten von (0,9‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,5‰/a für die vertikale Messstrecke - (Vergleichswerte für Sattelkern Streckensysteme, 700- bis 775-m-Sohle, Carnallitit).

Im östlich anschließenden Wendelstreckenabschnitt, bis zum Hauptquerschlag nach Süden, sind 2015 nach einem Konturnachschnitt steil stehende Risse in der Firste sowie Abschaltungen an den Stößen verblieben. Bei anschließenden Georadarbefahrungen wurden im Bereich der Firstrisse diverse konturnahe Reflektoren aufgezeichnet, welche die ausbeißenden Risse kreuzen. Bei einer Überprüfung durch Firstkontrollbohrungen wurden dort in zwei Bohrungen geöffnete Risse bzw. ein Riss von geringer Öffnungsweite festgestellt. Zunehmend deuten sich weitere potentielle Risse bzw. Trennflächen an Schichtgrenzen an (Anhang 9.3, Bild 57 auf Blatt 314), wobei im Vergleich zum Vorjahr keine signifikanten Veränderungen der Risse erkannt wurden. Eine Vernetzung der seigeren Firstrisse mit großräumigen horizontalen Rissstrukturen wurde nicht festgestellt, ist jedoch weiterhin zu besorgen.

Die an den Firstrissen installierten Fissurometer 038F bis 040F zeigen im Anschluss einer bis Ende 2019 reichenden progressiven Phase der Gesamt- bzw. Öffnungsweitenverschiebungen jeweils eine bis zum Anfang November 2020 reichende vornehmlich degressive Phase der Öffnungsweitenverschiebung mit Raten von 0,9 mm/a bis 1,0 mm/a. Darauf folgt jeweils ein deutlicher Wiederanstieg der Öffnungsweiten bis Ende 2020 mit Raten von 3,4 mm/a bis 4,7 mm/a. Die Entwicklung der Gesamtverschiebung verläuft jeweils analog der maßgeblichen Öffnungsweite mit geringfügig höheren Werten. Demgegenüber zeigt sich bei den Verschiebungswerten der Scherung an den drei Fissuometern ein vergleichsweise kontinuierlicher Anstieg, gegen Ende 2020 jeweils auf ca. 0,6 mm/a bis 0,8 mm. Die Verschiebungswerte des Höhenversatzes liegen an den betrachteten Fissuometern zum gleichen Zeitpunkt mit max. 0,4 mm deutlich darunter. Der in den Vorjahren erkennbare Einfluss eines Jahresgangs ist nicht mehr erkennbar, im Mittel ist kein progressiver Anstieg gegenüber den Vorjahreswerten erkennbar.

An dem, westlich von 040F an der südlichen Firste installierten, Fissurometer 041F liegt 2020, analog zum Vorjahr, zunächst bis zum 12.08.2020 eine Stagnation der Öffnungsweite (entspricht weitgehend der Gesamtverschiebung) in einem Bereich um 1,1 mm vor. Die Öffnungsweite steigt dann bis zum 30.12.2020 moderat auf 1,2 mm an mit einer Verschiebungsrate von 0,5 mm/a. Der Einfluss eines Jahresgangs ist allenfalls nur minimal angedeutet. Die relativ kontinuierlich verlaufenden Verschiebungswerte des Höhenversatzes bzw. der Scherung liegen mit -0,21 mm bzw. 0,35 mm zum 30.12.2020 deutlich unter den Werten der Öffnungsweite.

Für das westlich von 041F an der südlichen Firste befindliche Fissurometer 042F hängt der Verlauf der Gesamtverschiebung überwiegend von den Scherungswerten ab, wobei die Einflüsse der Öffnungsweite und des Höhenversatzes zunehmen. Insgesamt deutet sich seit 2017 ein vom Jahresgang bedingter treppenartiger Verlauf der Verschiebungswerte mit wechselnden stagnierenden und progressiven Phasen an. Nach einer relativen Stagnation der Verschiebungswerte von Ende November 2019 bis Ende Mai 2020 mit Raten von knapp 0,2 mm/a zeigt die Gesamtverschiebung bis Ende November 2020 eine progressive Entwicklung mit Raten von etwa 0,7 mm/a, was geringfügig oberhalb des Vorjahresniveaus liegt. Der maximale Verschiebungswert der Scherung liegt am 30.12.2020 bei 2,4 mm. Der Verläufe der Verschiebungswerte des Höhenversatzes bzw. der Öffnungsweite bewegen sich ähnlich, jedoch mit Verschiebungswerten von insgesamt -1,2 mm bzw. -0,70 mm zum 30.12.2020 auf einem niedrigeren Niveau.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 89
---	-----------

Die im weiteren östlichen Verlauf der Wendelstrecke, bei im Jahr 2015 durchgeführten Georadaruntersuchungen, detektierten Auflockerungen am Nordstoß konnten überwiegend in den Stoßkontrollbohrungen bestätigt werden (Anhang 9.4, Bilder 64 bis 65, auf Blatt 315), wobei sich die Auflockerung des Nordstoßes im Vergleich zum Vorjahr weiterhin deutlich erkennbar vergrößert hat (Abbildung 4.20). In Übereinstimmung mit der zunehmenden Ausbildung der Abschalungen am Nordstoß zeigen sich in den dort angesetzten Stoßkontrollbohrungen mehrfach wachsende Versatzbewegungen an den in der Bohrlochkontur vorhandenen Rissen. Teilweise sind die Bohrungen bereits für eine vollständige Kamerabefahrung zu eng geworden (Anhang 9.4, Bild 64 auf Blatt 315).



Abbildung 4.20: Östlicher Wendelstreckenabschnitt von der 725-m- zur 750-m-Sohle mit starken, bis in den Übergang zur Firste reichenden Abschalungen am Nord- und Südstoß, Blick nach Südosten (05.01.2021)

Auf Höhe des westlichen Zugangs von Abbau 3/750 (Na2) sind verstärkt bis in den Übergangsbereich zur Firste verlaufende Risse bzw. Abschalungen am Nordstoß des beidseitig entfestigten Streckenabschnitts ausgebildet. Eine randliche Fortsetzung der Schädigungen des Stoßbereichs bis in die Firste deutet sich auch anhand steil einfallender Risse von geringer Öffnungsweite in den beiden westlichen, nah am Nordstoß gelegenen Firstkontrollbohrungen an (Anhang 9.3, Bilder 58 bis 59, auf Blatt 314).

Aufgrund der kontinuierlichen Zunahme der bis in den Übergangsbereich zur Firste verlaufenden Schädigungen an den Stößen dieses Streckenabschnitts wurden im Bereich von der Trafostation bis zum Füllort Schacht 4/750 im Dezember 2019 weitere Georadarprofile im Bereich der Stöße und Firste untersucht.

Dabei wurden am aufgelockerten Nordstoß unterschiedlich steil nach Norden-Nordwesten einfallende Reflektoren belegt, welche vermutlich überwiegend an den Verlauf der geologischen Schichten gebunden sind. Es ist nicht erkennbar, an welchen der als Reflektoren vorliegenden Trennflächen sich bereits geöffnete Risse ausgebildet haben, jedoch sind weitere Schädigungen bzw. Rissentwicklungen in Verlängerung der vorhandenen Trennflächen und damit ggf. verbundene Ablösungen zu besorgen. Nach Auswertung der Georadaruntersuchungen kann der gefährdete Bereich im Übergang zur Firste mit einer mindestens 1 m dicken Sorelbetonmauer (gemessen von der derzeitigen Kontur) vollständig unterfangen werden.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 90

An der Firste und am Südstoß des Streckenabschnitts erfolgten ebenfalls Georadaruntersuchungen in geringerem Umfang, die dabei aufgezeichneten Reflexionen lassen keinen dringenden Handlungsbedarf ableiten. Östlich des verfüllten Zugangs zum Füllort Schacht 4/750, bis zur nordwestlich abgehenden westlichen Umfahrung des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, sind keine signifikanten Auflockerungen der Stöße und Firste erkennbar. Die im unmittelbaren Umfeld der westlichen Füllortumfahrung in der Wendelstrecke befindlichen Vertikalrisse werden im Monitoringteil des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle betrachtet.

Die Verformungsraten der im betreffenden Wendelstreckenabschnitt gelegenen Messstrecke K031 liegen 2020 mit 0,4‰/a für die horizontale Messstrecke und 1,1‰/a für die vertikale Messstrecke geringfügig oberhalb der Vorjahreswerte und liegen ungefähr auf dem Niveau der in diesem Bereich für 2020 ermittelten mittleren Verformungsraten (0,5‰/a horizontal bzw. 1,0‰/a vertikal - Vergleichswerte für Sattelkern Streckensysteme, 700- bis 775-m-Sohle, Steinsalz). Die Ende Dezember 2020 für K031 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate mit 2,9 mm/a sowie die vertikale Konvergenzrate mit 5,9 mm/a liegen oberhalb der Werte von Ende 2019 (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

In den verbliebenen Bereichen des Hauptquerschlags nach Süden bzw. der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen (ehemalige E-Werkstatt) auf der 750-m-Sohle lassen die Firstkontrollbohrungen keine signifikanten Entfestigungen bzw. Veränderungen zum Vorjahr erkennen, teilweise deutet sich eine Ausbildung potentieller Risse an.

Die 1. südliche Richtstrecke nach Westen wurde im März 2019 bis auf Höhe des Pfeilers des zur 775-m-Sohle führenden Wendelstreckenabschnitts mit Sorelbeton verfüllt.

### **Wendelstrecke vom Abzweig der Wendelumfahrung von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle bis zum Temperaturversuchsfeld V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle**

Nach der Verfüllung des östlichen Teils des Wendelstreckenabschnitts von der 750-m-Sohle bis zur 775-m-Sohle wurde dieser 2014 durch eine Neuauffahrung von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen aus ersetzt. Die neu aufgefahrne Strecke zeigt seit Anfang 2015 die Ausbildung von Rissen bei gleichzeitig geringfügig erhöhter mikroseismischer Aktivität. Insbesondere in der Abzweigung von der Richtstrecke in die Neuauffahrung werden an die geologischen Schichten gebundene steil einfallende Risse bzw. Abschalungen durch Fissurometer überwacht. Weiter westlich am Nordstoß der Wendelstrecke sind zunehmend steil einfallende Abschalungen geringer Mächtigkeit erkennbar, welche nur partiell mit einer Systemankerung gesichert wurden. In den Vorjahren registrierte kleinräumige Feuchtstellen an der Firste auf Höhe der unterfahrenen Y-Strecke sowie im Bereich des südwestlichen Stoßes sind aktuell weitgehend eingetrocknet.

Die Auswertung des Fissurometers 034F zeigte am nordöstlichen Stoß Anfang 2015 hohe Gesamtverschiebungsraten von etwa 18 mm/a, welche sich nachfolgend verringert haben und sich von 2016 bis 2020 in einem Bereich von etwa 6 mm/a bis 7 mm/a bewegen. Ein kurzzeitiges geringfügiges Absinken der Verschiebungswerte im Übergang 2019/2020 erweist sich als nicht nachhaltig. Am 30.12.2020 liegt der Betrag der Gesamtverschiebung, welcher sich dort überwiegend aus Verschiebungsbewegungen von Scherung und Höhenversatz zusammensetzt, bei etwa 43,8 mm (Anhang 9.5 auf Blatt 316).

An Fissurometer 037F, am westlichen Südstoß des von der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen zur 775-m-Sohle abgehenden Wendelstreckenabschnitts, wurden 2015 und 2016 zunächst Gesamtverschiebungsraten von etwa 5 mm/a bis 6 mm/a registriert. Anschließend schwankten die Gesamtverschiebungsraten zwischen 3 mm/a bis 4 mm/a, mit zuletzt geringfügig abnehmender Tendenz. Im März 2019 wurde die Spitze des Pfeilers zwischen der Wendelstrecke und der 1. südlichen Richtstrecke

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 91
---	-----------

nach Westen nachgeschnitten, die Richtstrecke bis dahin bündig mit einer Schalungsmauer abgetrennt (Abbildung 4.21) und im westlichen Abschnitt mit Sorelbeton verfüllt. Dabei hatte sich diese Verfüllmaßnahme nicht relevant auf die am Fissurometer 037F registrierten Verschiebungsbewegungen ausgewirkt. So lag der Betrag der Gesamtverschiebung, welcher fast vollständig den Verschiebungsbewegungen des Höhenversatzes entspricht, am 30.12.2020 bei etwa 20,8 mm. Auch die Anzahl der am Stoß erkennbaren Risse sowie deren Risslängen nahmen weiterhin kontinuierlich zu (Abbildung 4.21).



Abbildung 4.21: Unmittelbar an den verfüllten Abschnitt der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen angrenzender Pfeiler am Südstoß der Wendelstrecke zur 775-m-Sohle mit Fissurometer 037F an steil einfallender Trennfläche, Blick nach Südwesten (05.01.2021)

Daher wurde Anfang 2021, mit direktem Anschluss an die Schalungsmauer der verfüllten 1. südlichen Richtstrecke nach Westen, der stark entfestigte Südstoß der zur 775-m-Sohle abgehenden Wendelstrecke auf etwa 20 m Länge nachgeschnitten und durch eine Stützmauer stabilisiert. In diesem Zuge wurde das Fissurometer 037F entfernt.

Mittels mehrfach durchgeführter Georadaruntersuchungen (zuletzt 2016) wurden markante Reflektoren an den Stößen des neu aufgefahrenen Wendelstreckenabschnitts sowie im Bereich des untersuchten Nordstoßes der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen aufgezeichnet, welche die steil stehenden geologischen Schichten abbilden. Dabei ist eine Verlängerung der Reflexionszonen, entsprechend einer Zunahme der Schädigung, erkennbar. Daraufhin erstellte Kontrollbohrungen im oberen Südstoß der Wendelstrecke sowie in der Firste nahe am Übergang zum Südstoß zeigen bislang keine geöffneten Risse. Allenfalls deuten sich potentielle Rissstrukturen bzw. mögliche Trennflächen an Schichtgrenzen an und es sind geringfügige Salzausblühungen in einer insgesamt beanspruchten Bohrlochkontur erkennbar (Anhang 9.3, Bild 60 auf Blatt 314).

Ältere Georadaruntersuchungen in der Firste weisen einen Bereich mit markanten konturnahen Reflexionsstrukturen im oberen Streckenteil auf, wobei in der dort erstellten Firstkontrollbohrung derzeit keine geöffneten Risse zu erkennen sind.

Im Jahr 2018 erfolgten, von dem Wendelstreckenabschnitt östlich der unterfahrenen Y-Strecke aus, Georadaruntersuchungen zur Erkundung eines am Nordstoß der 1. ehemaligen südlichen Richtstrecke

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 92
---	-----------

nach Westen auf der 750-m-Sohle endenden ehemaligen Sandkipplochs, welches dort mit Ziegelsteinmauerwerk eingefasst ist. Bei den Radaruntersuchungen deuteten sich auffällige Reflexionen sowie durchfeuchtete Bereiche relativ nah zur Wendelstrecke an, woraufhin Erkundungsbohrungen durchschlägig in den Ausbau des Sandkipplochs gestoßen wurden. Die Bohrungsinspektion belegte einen relativ geringen Abstand des gemauerten Sandkipplochs zur Firste. Dabei wurden keine Entfestigungen im Bereich des anstehenden Gesteins, jedoch ein guter Verbund zwischen anstehendem Salz und Ziegelsteinausbau registriert. Bereits beim Auffahren der Wendelstrecke wurde der Ziegelsteinausbau des Sandkipplochs im Übergang Stoß/Firste in einem dm-großen Bereich angefräst.

An K045 werden 2020 Verformungsraten von 0,9‰/a (2019 0,6‰/a) für die horizontale Messstrecke und 2,0‰/a (2019 1,9‰/a) für die vertikale Messstrecke ermittelt, oberhalb der Mittelwerte für diesen Grubenraum. Die am 31.12.2020 zur Vormessung ermittelte horizontale Konvergenzrate liegt für K045 bei 6,6 mm/a, die vertikale Konvergenzrate zur Vormessung bei 11,9 mm/a (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26), wobei die Werte oberhalb der Vorjahresmessung liegen. Die an der weiter westlich gelegenen Messstrecke K4 für 2020 ermittelte vertikale Verformungsrate liegt mit 0,4‰/a etwa auf dem Niveau des Vorjahreswerts aber unterhalb der Mittelwerte für diesen Grubenraum von 1,0‰/a (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

**Wendelstrecke unterhalb des Temperaturversuchsfelds V (TVF V) im Firstniveau der 775-m-Sohle bis zu den Salzgewinnungsstrecken auf der 850-m-Sohle**

Analog zum obersten Wendelstreckenteil wurde zur Bewertung des Wendelstreckenabschnitts vom TVF V auf der 775- bis zur 850-m-Sohle auf laufende visuelle Kontrollen und vorliegende Standortdaten zurückgegriffen. Nachdem zuletzt 2017 Nachschnitтарbeiten an der leicht entfestigten Streckenkontur im Abschnitt von der 775- bis zur 800-m-Sohle erfolgten, besteht dort abgesehen von kleineren händischen Beraubungen bislang kein weiterer Sanierungsbedarf. Die Scherfläche in der zunehmend entfestigten schmalen Pfeilerspitze, zwischen Wendelstrecke und dem verfüllten Zugang zum Abbau 3a auf der 775-m-Sohle, ist zu beobachten (Abbildung 4.22).

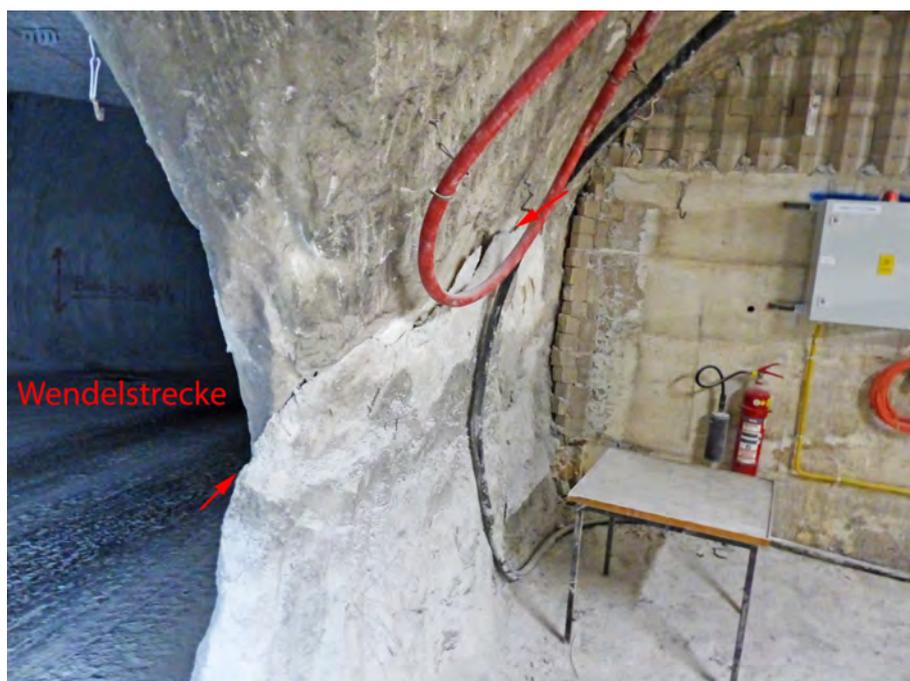


Abbildung 4.22: Von Scherfläche durchzogene Pfeilerspitze zwischen Wendelstrecke und Zugang zum Abbau 3a auf der 775-m-Sohle, Blick nach Osten (05.01.2021)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 93

Im Vorfeld der Auffahrung von Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle erfolgte zunächst die Aufwältigung der versetzten Unterfahrung der HAW-Versuchsfelder. Dazu erfolgte Anfang 2020 eine Aufweitung am Nordstoß der Wendelstrecke im Zugangsbereich der Unterfahrung auf der 825-m-Sohle unter teilweisem Nachschnitt der Streckenkontur.

Der die Wendelstrecke auf der 850-m-Sohle nach Osten verlängernde Streckenansatz zu den dortigen Salzgewinnungsstrecken wird seit Ende 2020 sukzessive unter Einsatz von nicht abgabefähiger Zutrittslösung mit Sorelbeton (Sorelbeton A0) verfüllt (Abbildung 4.23).



Abbildung 4.23: Sukzessive Verfüllung des östlich der Wendelstrecke auf der 850-m-Sohle abgehenden Streckenansatzes zu den Salzgewinnungsstrecken, Blick nach Osten (05.01.2021)

### 4.3.3 Bewertung und Empfehlungen für die Wendelbereiche

Zusammenfassend lässt sich die aktuell verbliebene insgesamt etwa 3.590 m lange Wendelstrecke (inklusive der auf einzelnen Sohlen einbezogenen Verbindungsstrecken) in Abhängigkeit von der derzeitig vorgesehenen Nutzungsdauer in drei Abschnitte unterteilen (s. Anhang 9.1 auf Blatt 312):

1. Der Bereich westlich der Salzgewinnungsstrecken im Firstniveau der 850-m-Sohle bis zur Einbiegung der Wendelstreckenumfahrung in die 1. südliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle (etwa 790 m Länge und ca. 120 m Verbindungsstrecke auf der 800-m-Sohle):

Dieser Bereich wird nach derzeitiger Planung bis Ende 2025 abgeworfen und verfüllt sein. Der nur noch relativ kurzen Nutzungsdauer entsprechend sollte hier der Schwerpunkt auf ein Monitoring gelegt werden, zumal größere Streckenteile bereits neu aufgefahren bzw. nachgeschnitten wurden. Aufwändige Sanierungsmaßnahmen sollten auf den konkreten Bedarfsfall beschränkt bleiben.

2. Die Wendelstrecke von der 750- zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle (etwa 670 m inklusive der einbezogenen Strecken auf der 750-m-Sohle):

Dieser Streckenabschnitt soll entsprechend derzeitiger Planung, nach dem Rückzug von der 750-m-Sohle und der Einrichtung des Lösungsmanagements für in den tieferen Sohlen anfallende Salzlösungen auf der 700-m-Sohle, bis Mitte 2028 sukzessive abgeworfen und verfüllt werden.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 94
---	-----------

Der Abschnitt weist insbesondere an den Stößen intensive Schädigungen auf und unterliegt einer starken infrastrukturellen Nutzung. Aufgrund der vorgesehenen Nutzungsdauer und der bereits vorliegenden Schädigungen sind hier, neben einem intensiven Monitoring, bedarfsabhängig auch Sanierungsmaßnahmen, wie die Erstellung von Stabilisierungsmauern an entfestigten Stößen, zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit als erforderlich und angemessen anzusehen.

3. Der Bereich der Wendelstrecke von der 700-m-Sohle im Sohlenniveau bis zur 490-m-Sohle (etwa 2.010 m):

Dieser Teil ist nach derzeitigem Planungsstand für die gesamte Betriebszeit der Schachanlage, unter Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit, offen und in Betrieb zu halten. Aufgrund der bereits vielfach vorliegenden und der zukünftig zu erwartenden Schädigungen, sind hier kontinuierlich Sanierungs- und Stabilisierungsmaßnahmen vorzunehmen. Sanierungsmaßnahmen, wie die Erstellung ausreichend dimensionierter Sorelbetonmauern, können entsprechend für eine Stabilisierung sorgen. Erforderlichenfalls ist bereichsweise die Neuauffahrung von stabilen und durchgängigen Streckenabschnitten mit etwa 4,7 m bis 5,0 m Breite sinnvoll.

In den letzten neun Jahren wurden einzelne intensiv geschädigte Bereiche der Wendelstrecke, in denen die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr gewährleistet werden konnte, verfüllt und durch etwa 300 m neu aufgefahrene Strecken umfahren. Weitere Abschnitte, mit ausgeprägten Abschaltungen der Stöße, wurden durch die Erstellung von Sorelbetonmauern entlang der nachgeschnittenen Stöße stabilisiert (s. Anhang 9.1 auf Blatt 312).

So wurde zuletzt im Dezember 2020 der Zugang des Querschlags zum Abbau 4/637 abgeschalt und der Querschlag zur Anfang 2021 umgesetzten Verfüllung vorbereitet. Die Schalungsmauer bildet den östlichen Abschluss der Stützmauer zur Sanierung des geschädigten Südstoßes vom Zugang zum Abbau 3/658 bis zum Anschluss an den verfüllten Wendelstreckenabschnitt im Sohlenniveau der 637-m-Sohle. Ferner wurde bis November 2020 ein Stützmauersegment am Oststoß der Wendelstrecke, nördlich des im Februar 2021 verfüllten Standorts der Baustoffanlage 50BA auf der 700-m-Sohle erstellt. Der östliche Übergang von der ertüchtigten Nische im Querschlag zum Abbau 5/616 zum Pfeiler 4/5 auf der 616-m-Sohle wurde ebenfalls mit einem kurzen Mauersegment stabilisiert. Dadurch wurden die durch Stützmauern stabilisierten Streckenabschnitte, die zum Vorberichtsstand etwa 310 m lang waren, auf zuletzt insgesamt etwa 330 m Länge vergrößert. Für 2021 ist mit der Sanierung größerer Wendelstreckenabschnitte durch die Erstellung von Stützmauern auszugehen.

Der Großteil der insgesamt über 3,5 km langen Wendelstrecke ist weiterhin nicht saniert und unterliegt einer fortschreitenden Entfestigung. Dementsprechend wurden auch 2020 sukzessive händische Beraubarbeiten im Bereich der gesamten Wendelstrecke durchgeführt. Insgesamt besteht ein kontinuierlich hoher Bedarf an Monitoring- und Sanierungsmaßnahmen in der Wendelstrecke, zumal auch erst vor relativ kurzer Zeit neu aufgefahrene Strecken bereits deutliche Schädigungen aufweisen (s. Anhang 9.1 auf Blatt 312).

So zeigt sich der südwestliche Pfeiler im Einmündungsbereich des von der 750-m- zur 775-m-Sohle verlaufenden Wendelstreckenabschnitts in die 1. südliche Richtstrecke nach Westen zunehmend entfestigt. Die am dortigen Fissurometer registrierten Verschiebungsbewegungen gingen, auch nach Verfüllung des westlich anschließenden Abschnitts der Richtstrecke, nicht erkennbar zurück und es war die künftige Ablösung einzelner Abschaltungen am intensiv entfestigten Südstoß zu besorgen. Daher erfolgten am dortigen Pfeilerstoß aus arbeitssicherheitlichen Gründen bereits Anfang 2021 Nachschnitarbeiten mit anschließender Erstellung einer Stützmauer.

Auch im östlichen Wendelstreckenabschnitt zwischen der 725-750-m-Sohle, welcher nachgeschnitten aber bislang nicht durch Stützmauern stabilisiert wurde, liegen deutliche und visuell erkennbar zunehmende Schädigungen an Firste und Stößen vor. Insbesondere am Nordstoß, östlich der Trafonische bis

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 95
---	-----------

westlich des Zugangs zum Füllort Schacht 4/750, sind fortschreitende Entfestigungen erkennbar, welche lokal bis in den Übergang zur Firste reichen. Um die derzeit noch gegebene Gebrauchstauglichkeit dieses Streckenabschnitts zu erhalten, sind dort ab Februar 2021 Stabilisierungsmaßnahmen vorgesehen. So ist eine Beraubung des entfestigten Nordstoßes mit unmittelbar anschließender Errichtung einer mindestens 1 Meter mächtigen Stützmauer aus Sorelbeton geplant. Dabei sollen die vorhandenen Trennflächen vollständig unterfangen werden.

Nachfolgend ist eine Stabilisierung des bis in den Übergang zur Firste intensiv geschädigten südlichen Wendelstreckenstoßes an Pfeiler 8/9, im Umfeld des Zugangs zum Blindschacht 2, auf der 700-m-Sohle angedacht. Der Abschnitt soll durch Stützmauerelemente aus Sorelbeton stabilisiert werden.

Aufgrund der großen Anzahl von Rissen in den Stößen des Wendelstreckenabschnitts auf Höhe des Pfeilers zwischen den Abbauebenen 4 und 5 auf der 616-m-Sohle wurde der Bereich hinsichtlich möglicher Resthohlräume im Umfeld erkundet. Dazu wurden eine Sohlkontrollbohrung in das verfüllte unterlagernde Wendelstreckenkreuz auf der 637-m-Sohle sowie zwei Bohrungen in die nördlich verlaufende westliche Firststrecke auf der 616-m-Sohle gestoßen. Der dabei im verfüllten Wendelstreckenkreuz vorgefundene Firstspalt mit geringer Öffnungsweite sollte qualitätsgerecht unter entsprechender Druckhaltung mit Mörtel verfüllt werden. In der mit Salzgrus versetzten Firststrecke wurde ein deutlich größerer Hohlraum vorgefunden. Dieser, sowie weitere in den Sohlkontrollbohrungen angetroffene Firstspalte, sollten möglichst zeitnah verfüllt und stabilisiert werden. Zur weiteren Erkundung des geschädigten Wendelstreckenabschnitts werden unter Einbeziehung der Georadaruntersuchungen noch Stoß- und Firstkontrollbohrungen durchgeführt, erstere sind in unmittelbarer Umsetzung. Nach Auswertung aller Erkundungs- und Monitoringergebnisse sind Sanierungsmaßnahmen an den geschädigten Wendelstreckenstoßen abzustimmen, wobei auch die weitere systematische Erstellung von Sorelbeton-Stützmauern zu empfehlen ist.

Die Stöße der Wendelstrecke im Bereich von der Wendelkehre 679- bis zum Firstniveau der 700-m-Sohle sind bereits deutlich geschädigt, dort sind beidseitig zunehmend Abschaltungen an den Stößen ausgebildet. Bereichsweise, insbesondere im Umfeld der Abbaureihe 3 mit der Hauptfassungsstelle, liegen lokale Durchfeuchtungen vor. Dadurch zeichnet sich bei langfristiger Nutzung auch für diesen Abschnitt der Wendelstrecke ein hoher laufender Sanierungsbedarf ab. Ferner sind aus dem Wendelstreckenabschnitt von der 679- zur 700-m-Sohle Injektionsmaßnahmen unterhalb des Großabbaus 3/679-358 zur Schaffung eines neuen Lösungsfassungssystems vorgesehen. Ebenso ist dort der Ausbau weiterer Einrichtungen zum Monitoring und Management von Lösungen aus tieferen Sohlenbereichen geplant. Daher wird die Neuauffahrung eines "Wendelstrecken-Bypasses" diskutiert, durch welchen der Wendelstreckenabschnitt von der 679- zur 700-m-Sohle entlastet und durch eine Querschnittsverringeringung mittels Stützbauwerken stabilisiert werden könnte. Darüber hinaus würde die unverzichtbare Befahrung der tieferen Sohlen nicht durch die Vielzahl der dort mittelfristig durchzuführenden Maßnahmen behindert. Der neu aufzufahrende Wendelstreckenabschnitt soll nordöstlich von der Wendelstreckenkehre auf der 679-m-Sohle bis zur nordwestlich des Füllorts Schacht 4/700 abgehenden Strecke auf der 700-m-Sohle verlaufen.

#### 4.3.4 Fazit

Die Auswertung des Monitorings lässt insgesamt eine fortschreitende Entfestigung der Wendelstrecke erkennen, wenngleich zum Berichtsstand überwiegend keine progressive Entwicklung der Schädigungsgeschwindigkeit konstatiert wird.

In Abhängigkeit von der vorgesehenen Nutzungsdauer und dem Zustand der Wendelstrecke sind zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit weitere Stützbauwerke aus Sorelbeton zu errichten, welche ihrerseits durch ein geeignetes Monitoring zu überwachen sind. Bereichsweise sind bei Bedarf

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 96

auch neue Streckenabschnitte aufzufahren [47]. Aufgrund der Komplexität der Gesamtmaßnahme sind zukünftig Anpassungen der derzeit vorgesehenen Nutzungsdauer sowie Änderungen bezüglich noch benötigter Infrastrukturräume zu erwarten. Dementsprechend sind auch die erforderlichen Monitoringmaßnahmen in der Wendelstrecke fortlaufend anzupassen und zu erweitern.

Grundsätzlich ist für die Wendelstrecke anzustreben, nicht mehr benötigte Abschnitte sowie offene Grubenräume im Umfeld baldmöglichst abzuwerfen. Die großen Spannweiten in den Streckenkehren sind zu reduzieren und ungenutzte Nischen firstbündig zu verfüllen. Bei Nachschnitarbeiten bzw. Neuauffahrungen ist eine Firstwölbung (Scheitelhöhe) von etwa einem Drittel der Streckenbreite anzustreben.

## 4.4 Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle

### 4.4.1 Standortbeschreibung

Die Umsetzung der geplanten Vorsorgemaßnahmen zur Minimierung der Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) in die Schachanlage Asse II sieht u. a. eine weitgehende Verfüllung der tieferen Grubenräume einschließlich der 725-m-Sohle und von Teilen der 700-m-Sohle bis etwa ins Jahr 2027 vor. Dafür erfolgt sukzessive ein Rückzug auf die 700-m-Sohle, von der aus sowohl die erforderlichen Verfüllmaßnahmen, als auch das Lösungsmanagement der in den tieferen Sohlen, z. B. 725- und 750-m-Sohle, anfallenden Lösungen abgewickelt werden sollen [4]. Des Weiteren werden vom östlichen Bereich der 700-m-Sohle aus Erkundungsbohrungen zur Planung des Rückholbergwerks gestoßen.

Somit stellt die 700-m-Sohle einen wichtigen und zur Umsetzung der Vorsorge- bzw. Notfallmaßnahmen unverzichtbaren Infrastrukturbereich dar, dessen Gebrauchstauglichkeit durch ein umfangreiches Monitoring sicherzustellen ist. Für eine detailliertere Zuordnung erfolgt eine Aufteilung in die folgend aufgeführten drei Teile (s. Anhang 9.6 auf Blatt 317).

#### 1. Zentraler Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau

mit folgenden Grubenräumen von Norden nach Süden:

- die Strecke in Richtung Carnallitit-Baufeld mit dem Füllort Schacht 4
- westlich des Füllorts Schacht 4 nach Norden abgehende Strecke zur Lösungsleitungsbohrung auf die 800-m-Sohle
- Bohrer für die Transportbohrungen zu den Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle mit Anschlussstrecken zum Ansatzpunkt Lösungsleitungsbohrung bzw. Wendelstrecke
- die Schrägstrecke in Richtung Schacht 2
- der Wendelstreckenabschnitt im Sohlenniveau (oberhalb Abbau 6/725(Na2))
- der Streckenansatz nach Süden (vormaliger Traforaum)
- der westliche Teil der Richtstrecke nach Osten (Vahlberger Strecke) von den westlichen Wettertoren bis zum Wettertor östlich der Bunkerstrecken
- der Querschlag zum Schacht 2
- die Standorte der Baustoffanlagen 20BA und 50BA (MAT-Behälter-Abfüllstation)
- Bunkerstrecken

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 97

## 2. Östlicher Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau und Verbindungsstrecke

- Östlicher Teil der Vahlberger Strecke mit nördlich abgehenden Nischen
- Querschlag in Richtung zum Gesenk östlich von Kaliabbau 12-Ost
- Östliche Verlängerung der Vahlberger Strecke in Richtung Asse 3 mit Bohrörtern
- Querschlag zum Blindschacht 3
- Verbindungsstrecke der Vahlberger Strecke zur Richtstrecke nach Osten im Firstniveau

## 3. Firstniveau der 700-m-Sohle und Wendelstrecke (bis zur Einbindung ins Sohlenniveau)

- Richtstrecke nach Osten
- Strecke nach Norden (gegenwärtig Werkstatt und Zugang zu den Zyklonen)
- der Wendelstreckenabschnitt im Firstniveau (bis Streckenkreuz Vahlberger Strecke)

### 4.4.2 Zentraler Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau

#### Situationsbeschreibung

- *Auffahrung und Lage der betreffenden Grubenräume*

Die Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) der 700-m-Sohle wurde 1911 als Erkundungs- und Verbindungsstrecke zum damals im Bau befindlichen Schacht Asse 3 aufgefahren.

Die Wendelstrecke wurde Anfang der 1970er Jahre beginnend von der 750-m-Sohle aufwärts aufgefahren und erreichte Mitte 1974 das Niveau der 700-m-Sohle. Der Streckenansatz nach Süden (Trafostation) wurde 2004 aufgefahren, die Auffahrung für den Standort der Baustoffanlage erfolgte 2005.

Von der Vahlberger Strecke geht auf Höhe des Standorts der Baustoffanlage 20BA unmittelbar ein 2004 und 2015 nachgeschnittener Wetterquerschlag zum Schacht 2 nach Nordosten ab. Dieser schließt, mit einem Gleitbogenausbau und einer Sorelbetonhinterfüllung versehen, an Schacht 2 an. Östlich schließt sich eine über einen Hochbruch verbundene und auf zwei Ebenen verlaufende Wetterstrecke an. Nordöstlich der 20BA gehen noch jeweils zwei Bunkerstrecken und Streckenansätze bzw. Nischen ab.

Nördlich des Kreuzungspunkts der Wendelstrecke (Sohlenniveau der 700-m-Sohle) mit der Vahlberger Strecke geht von einer zum Schacht 4 verlaufenden Strecke eine 2005 aufgefahrene Schrägstrecke ins Firstniveau nach Osten ab.

Zum Anschluss der Sumpfstrecken auf der 800-m-Sohle über eine Schrägbohrung wurde 2016 westlich vom Füllort Schacht 4 eine Strecke aufgefahren, parallel zur versetzten Strecke in Richtung des Carnallit-Baufelds. Dabei wurde im Bereich der nordwestlichen Aufweitung im Endabschnitt der Neuauffahrung eine ältere, bereits versetzte Strecke aufgewältigt. Von dort verläuft eine Verbindungsstrecke zu den westlich gelegenen Bohrörtern für die Versorgungsbohrungen in die Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle, welche 2020 aufgefahren wurde. Im Vorfeld erfolgte seit Ende 2019 die Auffahrung einer von den Bohrörtern zur Wendelstrecke auf der 725-m-Sohle abgehenden Flucht- und Wetterstrecke.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 98

- *Geologische Situation*

Der „Zentrale Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau“ wurde weit überwiegend in Schichten der Staßfurt-Folge aufgefahren (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Hauptsächlich sind hier Nordwest-Südost streichend Polyhalitbänkchensalz (Na<sub>2</sub>P), Kieseritisches Übergangssalz (Na<sub>2</sub>K) und Speisesalz (Na<sub>2</sub>S) aufgeschlossen. Im Süden der Baustoffanlagen, im östlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke sowie an den nördlich gelegenen Strecken, erfolgt zunehmend ein Übergang in den Carnallit (K<sub>2</sub>C). In den zuletzt im nordwestlichen Abschnitt aufgefahrenen Strecken im Umfeld der Lösungsleitung zur 800-m-Sohle bzw. der Bohrstrecken für die Versorgungsbohrungen zu den Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle wird neben K<sub>2</sub>C auch Tonliniensalz (Na<sub>2</sub>T) und Na<sub>2</sub>P angetroffen. Dort zeigen sich lokal Feuchtstellen in der Streckenkontur unter vereinzelter Ausbildung stalaktitenförmiger Salzausfällungen.

- *Gebirgsmechanische Situation*

Für den Bereich der Baustoffanlagen 20BA und 50BA sowie die Vahlberger Strecke ergibt sich eine Lage im stark beanspruchten Sattelkern oberhalb des Baufeldes im älteren Steinsalz (Na<sub>2</sub>) (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Insbesondere im Umfeld der Baustoffanlagen liegt ein hoher Durchbaugungsgrad vor, hier kommt es zur Ausbildung vielfältiger Risse und Auflockerungen der Konturbereiche. Der Standort der Baustoffanlagen im Sohlenniveau der 700-m-Sohle wird von der Strecke zwischen Abbau 6/725 (Na<sub>2</sub>) und dem Hauptgesenk II östlich unterfahren, wobei sich hier eine Schwebenmächtigkeit von etwa 20 m ergibt.

Eine Schwebenmächtigkeit von etwa 5,5 m Mächtigkeit zwischen Sohlenniveau der 700- und 725-m-Sohle ergibt sich in dem Bereich, in dem die Wendelstrecke und der westliche Teil der Vahlberger Strecke den Abbau 6/725 (Na<sub>2</sub>) überfahren. Dort wurden in einem Rollloch horizontale Risse registriert, welche jedoch noch nicht bis in den Fahrbahnbereich der Wendelstrecke reichen.

Des Weiteren wird die im Sohlenniveau gelegene Baustoffanlage 20BA von der Zyklonstrecke im Firstniveau der 700-m-Sohle mit einer Schwebenmächtigkeit von etwa 6 m überfahren.

Als Stabilisierungsmaßnahmen erfolgten von Ende 2015 bis Beginn 2018 lokal Konturnachschnitte und die Verfüllung kleinerer Nischen entlang der Vahlberger Strecke bzw. des Wetterquerschlags sowie die Verfüllung der Schrägstrecke und des ehemaligen Traforaums.

Anfang 2018 erfolgte die Stabilisierung des südöstlichen Stoßes des Standorts der 20BA durch ein firstbündiges Sorelbetonstützbauwerk, der westlich anschließende entfestigte Stoß wurde mit Ankern und Maschendrahtverzug gesichert. Nachfolgend wurde Mitte 2019 ein firstbündiges Stützbauwerk in der südwestlichen Ecke südlich des Großpfeilers erstellt (Abbildung 4.24).

Im Anschluss wurde Anfang 2020 der Bereich südlich des Großpfeilers, zwischen den beiden Stützbauwerken am Südstoß, zunächst flächig durch eine basale Betonlage befestigt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 99
---	-----------



Abbildung 4.24: Fertigestelltes Stützbauwerks zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südöstlichen Stoß der 20BA und Durchlass für das Förderband, Blick nach Südwesten (06.01.2021)

Darauf aufbauend wurde bis Juli 2020 ein firstbündiges Stützbauwerk mit einem Durchlass für das dort verlaufende Förderband erstellt, wobei der Durchlass dem geneigten Bandverlauf folgt. (Abbildungen 4.24 bis 4.25).

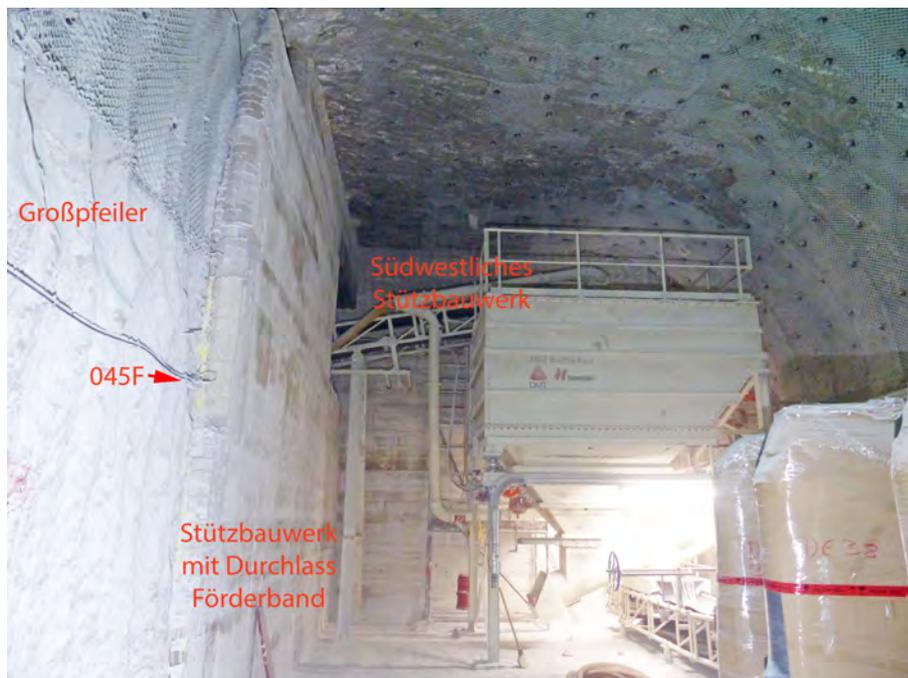


Abbildung 4.25: Fertigestelltes Stützbauwerks zwischen Großpfeiler und Südstoß mit Anbindung an das firstbündige Stützbauwerk am südwestlichen Stoß der 20BA, Fissurometer 045F sowie Durchlass für das Förderband, Blick nach Südwesten (06.01.2021)

Aufgrund zunehmender Entfestigungen am Standort der Baustoffanlage 50BA sowie an der

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 100

Fußfahrgänge von der 50BA zur 20BA wurden diese intensive Rissbildungen aufweisenden Bereiche ab Mitte 2020 zur Verfüllung vorbereitet. Nach dem Rückbau der Baustoffanlage wurden der Zugang zur Wendelstrecke sowie die Fußfahrgänge und die Transportbohrung zum Standort der 20BA abgemauert (Abbildung 4.26). Nachfolgend begann die Verfüllung des Standorts der 50BA mit Sorelbeton, welche im Februar 2021 abgeschlossen wurde.

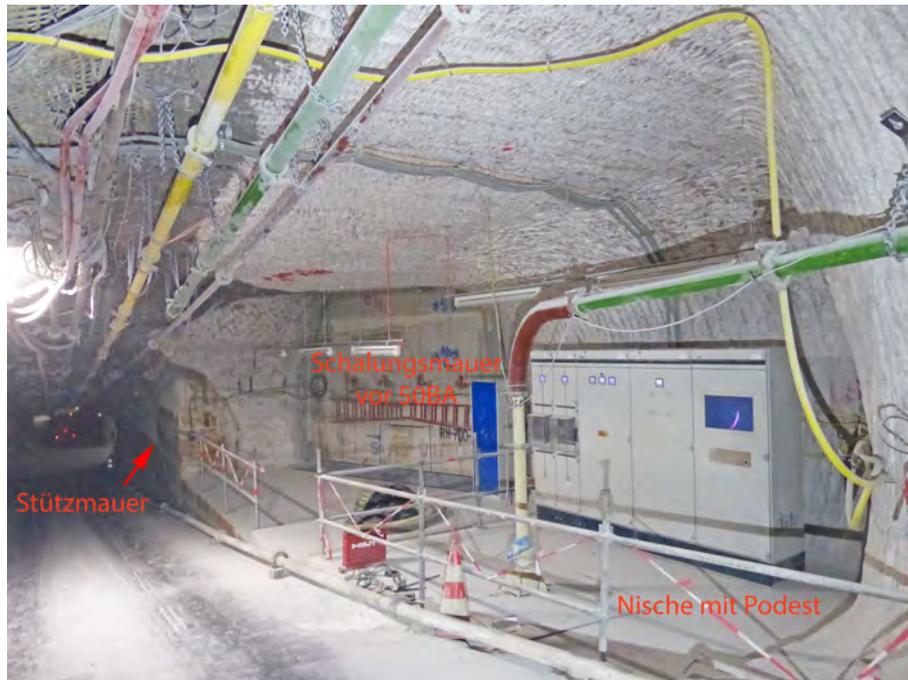


Abbildung 4.26: Abgemauerter Zugang zum ehemaligen Standort der Baustoffanlage 50BA mit Stützmauer am Wendelstreckenstoß im Norden und südlich aufgeweiteter Nische als Podest für Schaltanlagen, Blick nach Norden (05.01.2021)

Im Zuge der Vorbereitungen zur Erstellung der Schalungsmauer im Zugang zur 50BA erfolgte auch die Betonage eines vorgelagerten Podests als Stellfläche zum Aufstellen von Schaltanlagen sowie der Nachschnitt und die Stabilisierung des nördlich anschließenden Oststoßes der Wendelstrecke. Südlich des Zugangs zur 50BA wurde eine Nische aufgeweitet, welche ebenfalls als Stellfläche genutzt wird (Abbildung 4.26).

Die Ende 2019 begonnene Auffahrung der Bohrer für die Versorgungsbohrungen zu den Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle wurde einschließlich der Fluchtstrecke zur Wendelstrecke und der Verbindungsstrecke zum Standort der Lösungsleitung zur 800-m-Sohle im Laufe des Jahres 2020 abgeschlossen (Abbildung 4.27). Bislang wurde nur die Versorgungsbohrung in die Kavernenstrecke C-1.1 auf der 825-m-Sohle erstellt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 101



*Abbildung 4.27: Von den Bohrern für die Versorgungsbohrung zu den Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle abgehende Flucht- und Wetterstrecke in Richtung der Wendelstrecke auf der 725-m-Sohle mit dem Übergang vom Carnallitit ins Tonliniensalz, Blick nach Südwesten (06.01.2021)*

Mitte 2020 wurde begonnen den mit Salzhauwerk versetzten hangenden Teil des Abbaus 6/725 (Na<sub>2</sub>) von der westlichen Zufahrt aus freizuladen, um den Abbau nachfolgend mit Sorelbeton zu verfüllen. Bis Ende 2020 wurde das eingelagerte Salz im oberen Abbaubereich entfernt und die Sohle eingeebnet. Im Umfeld der im mittleren Abbau zur 700-m-Sohle führenden Fahrbohrung wurde die Systemankerung geraubt und lokal ein Firsnachschnitt zur Optimierung der geplanten Verfüllung durchgeführt. Dabei wurden auch die Einbauten der Fahrbohrung geraubt. Im Dezember 2020 wurde in Vorbereitung der geplanten Verfüllung begonnen, den Abbau 6/725 (Na<sub>2</sub>), südlich des Fluchtwegs zum Querschlag nach Norden auf der 725-m-Sohle, in dem von der Wendelstrecke abgehenden westlichen Abbauzugang mit einer Schalungsmauer zu verschließen (Abbildung 4.28). Die firstbündige Verfüllung des Abbaus 6/725 (Na<sub>2</sub>) und der zur 700-m-Sohle verlaufenden Fahrbohrung wurde im Januar und Februar 2021 durchgeführt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 102



Abbildung 4.28: Errichtung einer Schalungsmauer im westlichen Zugang zum Abbau 6/725 (Na2) auf der 725-m-Sohle, nach Freiladen und Vorbereitung des Abbaus zur Verfüllung, Blick nach Südosten (05.01.2021)

## Messergebnisse

- **Konvergenzmessquerschnitte**

Im Gleitbogenausbau des nördlich von der Vahlberger Strecke zum Schacht 2 abgehenden Wetterquerschlags ist seit Februar 2016 der Konvergenzmessquerschnitt K046 im Carnallit eingerichtet (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die horizontalen und vertikalen Verformungsraten von K046 bewegen sich zum Dezember 2020 mit Verformungsraten zwischen 3,7 ‰/a bis 2,9 ‰/a weiterhin etwa auf dem hohen Niveau der bislang dort ermittelten Werte (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26), wenn auch insgesamt geringfügig unter den Werten des Vorjahrs.

- **Rissüberwachung**

Im westlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke sowie an weiteren Beobachtungsbereichen im anschließenden südwestlichen Bereich der Baustoffanlage 20BA erfolgt seit Oktober 2014 die Messung von Rissöffnungsweiten und Längenänderungen der überwiegend horizontalen Risse an den Stößen in 6 Beobachtungsbereichen im anstehenden Gestein (s. Abbildung 4.29 (rot)). Der seit Januar 2016 eingerichtete Beobachtungsbereich 7 an den Rissen in dem Fluchtweg zwischen den Baustoffanlagen 20BA und 50BA ist 2020 mit Verfüllung der Lokation entfallen. Ab März 2017 werden vertikale Risse geringer Öffnungsweite im Pfeiler zwischen dem westlichen Zugangsbereich der Vahlberger Strecke und der Strecke in Richtung Schacht 4 als achte Lokation beobachtet. Der Beobachtungsbereich 1 ist aufgrund der Erstellung von Stützbauwerken nur noch eingeschränkt messbar, die Beobachtungsbereiche 4, 5 und 6 sind entfallen.

Die zuvor auf das anstehende Gestein beschränkten Beobachtungsbereiche 1 und 8 werden durch die Aufnahme von Rissen in den im Umfeld erstellten Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken ergänzt, in der Schalungsmauer vor dem verfüllten Traforaum wurde der Beobachtungsbereich 9 eingerichtet (s. Abbildung 4.29 (gelb)).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 103

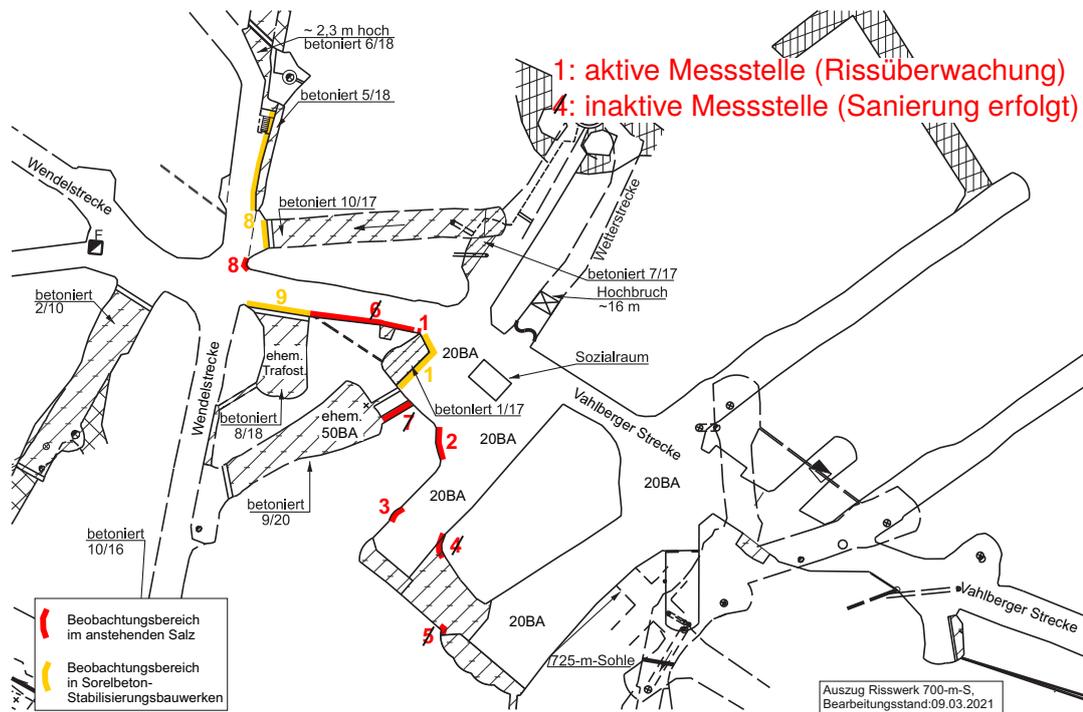


Abbildung 4.29: Lage der Beobachtungsbereiche im Umfeld der Baustoffanlage 20BA; Auszug aus dem Sohlenriss der 700-m-Sohle (Stand: 06.11.2019)

In den acht Beobachtungsbereichen im anstehenden Salz wurden an den zuletzt im Februar 2020 durchgeführten Messungen überwiegend konstante bzw. leicht zunehmende Öffnungsweiten im Vergleich zu den Vormessungen ermittelt. Insbesondere im Beobachtungsbereich 7 zeigen sich an mehreren Rissen Aufweitungen von bis zu 1,5 mm sowie Versatz- bzw. Scherungsbeträge von bis zu 10 mm. Die maximal registrierte Rissverlängerung beträgt 4 cm im Beobachtungsbereich 2.

Für 2020 wurde an der im anstehenden Salz des Beobachtungsbereichs 1 verbliebenen Messstelle eine Stagnation der Rissentwicklung verzeichnet. Im Beobachtungsbereich 2 beträgt die zusätzliche Aufweitung im Zeitraum vom 20.02.2020 bis 18.02.2021 max. ca. 1,5 mm mit einer Aufweitungsrates von 1,5 mm/a, Rissverlängerungen konnten aufgrund der Abdeckung durch Einbauten nicht beobachtet werden. Im gleichen Zeitraum wurde im Beobachtungsbereich 3 ebenfalls eine nahezu stagnierende Rissentwicklung verzeichnet.

Der Beobachtungsbereich 8 im Pfeiler zwischen Vahlberger Strecke und der verfüllten zum Schacht 2 nordöstlich verlaufenden Schrägstrecke wurde im Mai 2018 angelegt. Der einzige Messpunkt der Öffnungsweite musste im August 2018 erneuert werden und zeigt 2020 eine Stagnation der Öffnungsweite, die weiterhin bei ca. 5 mm liegt. Eine Rissverlängerung wurde nicht gemessen.

In den Beobachtungsbereichen 1 und 8 wurden auch vorhandene Risse in dort erstellten Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken erfasst. Messungen im Beobachtungsbereich 1 zeigen vom 11.02.2020 bis 18.02.2021 überwiegend stagnierende Werte, Zunahmen von max. 0,5 mm und Abnahmen der Öffnungsweite von max. 1,0 mm - bei Verlängerung der Risslängen um maximal ca. 10 cm. Die maximale Aufweitungsrates von 0,5 mm/a liegt unter dem Vorjahresmaximum. An den gemessenen horizontalen Verschiebungen der einzelnen Betonagelagen vom Stoß weg von

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 104

max. 18 mm liegen zur Vormessung überwiegend keine Veränderungen vor. Die Risse in den Sorelbetonbauwerken im Umfeld des Beobachtungsbereiches 8 zeigen von Februar 2020 bis Februar 2021, neben einer Zunahme von 0,1 mm an einem einzelnen Riss, überwiegend eine leichte Abnahme der Öffnungsweiten bei einer maximalen Rissverlängerung von 6 cm.

An den Rissen in der Mauer vor der Trafostation im Beobachtungsbereich 9 zeigen sich vom 11.02.2020 bis 18.02.2021 Zunahmen von max. 0,3 mm und Abnahmen der Öffnungsweite von max. 0,5 mm - die Risslängen haben sich nicht erweitert. Die maximale Aufweitungsbetrag beträgt 0,3 mm/a.

Anfang Februar 2016 wurden die Fissurometer 043F bis 045F sowie Mitte Mai 2018 das Fissurometer 055F eingerichtet (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die im Umfeld des westlichen Zugangsbereichs der Vahlberger Strecke gelegenen Fissurometer 043F und 044F sind im Rahmen von 2018 bzw. 2017 durchgeführten Nachschneidearbeiten entfallen.

An der südwestlichen Ecke des Großpfeilers bei der 20BA wurde das Fissurometer 045F am Stoß instrumentiert. Für das Jahr 2020 ist eine Gesamtverschiebungsbetrag von 3,0 mm/a ermittelt worden, was nah an der Verschiebungsbetrag der Scherung von 2,8 mm/a liegt. Die Verschiebungsbetragsraten für den Höhenversatz und die Öffnungsweite liegen mit 0,8 mm/a bzw. 0,7 mm/a deutlich darunter. Dabei haben sich die Verschiebungsbetragsraten der Scherung und des Höhenversatzes im Vergleich zum Vorjahr merklich erhöht, die Rate der Öffnungsweite stagniert. Die mittlere Gesamtverschiebungsbetrag für 2020 liegt entsprechend mit 3,0 mm/a deutlich oberhalb der Rate von 2019 mit 2,0 mm/a. Der in den Vorjahren durch den Jahrgang beeinflusste leicht gestufte Verlauf der Verschiebungsbewegungen wird 2020 durch den Effekt der durchgeführten Betonagen überprägt (s. Anhang 9.10 auf Blatt 321).

Um die Schädigungsentwicklung im von Scherflächen und Abschalungen durchzogenen westlichen Pfeiler zwischen Vahlberger Strecke und dem nördlich abgehenden Querschlag zum Schacht 2 zu erfassen, wurde dort an einer Scherfläche das Fissurometer 055F installiert. Während sich die Öffnungsweite und der Höhenversatz in 2020 nur um ca. 0,3 mm bzw. 0,1 mm auf eine Gesamtverschiebung von 0,7 mm bzw. 0,2 mm vergrößert haben, hat sich in diesem Zeitraum die Scherung um 0,8 mm auf insgesamt 2,7 mm erhöht, was ungefähr der Gesamtverschiebung von 2,8 mm entspricht. An dem Wechsel von stagnierenden ansteigenden Werten ist wie zuvor der leichte Einfluss eines Jahrgangs erkennbar. Die mittlere Gesamtverschiebungsbetrag für 2020 liegt entsprechend mit 0,9 mm/a leicht unterhalb der Rate von 2019 mit 1,0 mm/a.

- *Georadarmessungen*

Am Südstoß der Baustoffanlage 20BA, unmittelbar südlich des Großpfeilers, ist ein intensiv aufgelockerter Bereich mit vertikalen Rissen ausgebildet, welcher im März 2018 anhand von Georadaruntersuchungen an horizontalen und vertikalen Messprofilen auf einer Breite von etwa 4 m untersucht wurde. Dabei wurde festgestellt, dass die Tiefe der gefundenen Reflexionen nach Westen hin zunimmt, wobei der maximal gemessene Konturabstand der Rissstruktur auf etwa 1,8 m abgeschätzt wurde. Anzeichen einer parallel zur steil nach Norden einfallenden Rissstruktur verlaufenden Trennfläche in Richtung Firste wurden nicht gefunden.

Bei 2014 durchgeführten Georadaruntersuchungen waren im Zugangsbereich der Vahlberger Strecke sowie am Südstoß der Schrägstrecke keine Hinweise auf relevante Riss- oder Ablösungsstrukturen erkennbar.

- *Sohlenkontrollbohrungen*

Im Bereich der Wendelstrecke (Sohlenniveau) der 700-m-Sohle überfährt diese den unterlagerten Abbau 6 (Na2) der 725-m-Sohle. Dort sind in einem ehemals als Fluchtfahrung genutzten Rolloch intensive horizontale Rissbildungen in der ca. 5,5 m mächtigen Schwebel sowie eine

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 105

deutliche Auflockerung der Sohle unterhalb der Auflagekonstruktion ausgebildet. Zur Erkundung wurden dort 2015 die drei geneigten Sohlkontrollbohrungen SKBrg.700-09 bis SKBrg.700-11 gestoßen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318).

Bei der letzten Kamerabefahrung am 29.11.2019 wurde bestätigt, dass sich die im Rollloch ausgebildeten Risse weiterhin nicht bis in die Schweben unterhalb der Wendelstrecke nachverfolgen lassen und auch keine weiteren relevanten Auflockerungen erkennbar sind. Ein bis 2017 in SKBrg.700-09 ausgebildeter Lösungspegel (Katasternummer P700022) wurde nicht mehr vorgefunden. Zur weiteren Erkundung der Schweben zwischen der Wendelstrecke auf der 700-m-Sohle und dem unterlagernden Abbau 6 (Na2) der 725-m-Sohle wurde die ca. 11,4 m lange und mit 49,4° nach Südwesten einfallende Bohrung SKBrg.700-15 (Durchmesser 86 mm) sowie die ca. 9,2 m lange seigere Bohrung SKBrg.700-16 (Durchmesser 42 mm) durchschlägig von der Wendel bzw. der Vahlberger Strecke in den Abbau gestoßen. In den zur Verfüllung vorgesehenen Bohrungen konnten, abgesehen von sehr konturnahen Auflockerungen in der Stoßkontur des Abbaus, keine geöffneten Risse oder eindeutige Hinweise auf Feuchtigkeit erkannt werden.

## Bewertung der Messergebnisse

Im zentralen Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau zeigen sich weiterhin erhebliche visuell erkennbare Schädigungen der Konturbereiche, wenngleich bereits ab 2015 vielfältige Sicherungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Diese wurden 2020 durch die Fertigstellung des firstbündigen Stützbauwerks unmittelbar südlich des Großpfeilers der Baustoffanlage 20BA ergänzt. Des Weiteren wurde die Baustoffanlage 50BA rückgebaut, der entfestigte Standort abgemauert und im Anschluss mit Sorelbeton verfüllt. Als weitere Stabilisierungsmaßnahme in diesem Monitoringabschnitt wurde der mit Salzversatz gefüllte Abbau 6/725 (Na2) im hangenden Teil freigeladen und inzwischen mit Sorelbeton verfüllt. Nachfolgend soll die Verfüllung der fünf Sohlkontrollbohrungen im Bereich der Schweben des Abbaus erfolgen.

Deutliche und augenscheinlich weiterhin zunehmende Schädigungen in Form von Rissen, Scherflächen und Abschalungen zeigen sich aktuell insbesondere im Bereich des Wetterquerschlags und an den bislang nicht sanierten Stößen im westlichen Umfeld der 20BA. Das am südwestlichen Stoß des Großpfeilers der 20BA angebrachte Fissurometer 045F zeigt auch nach Durchführung der unmittelbar angrenzenden Betonagen noch zunehmende Verschiebungsbewegungen, vermutlich sind die Umlagerungsprozesse der Lastaufnahme noch nicht abgeschlossen. Der Pfeiler zwischen 50BA und 20BA zeigt sich bislang zunehmend geschädigt, wobei nach Abschluss der Verfüllung des Standorts der 50BA von einer Stabilisierung des Pfeilers ausgegangen wird. Lokal erfolgten dort 2020 Beraubearbeiten an den Abschalungen am Stoß im Bereich der 20BA. An dem am Weststoß im Einmündungsbereich des Wetterquerschlags installierten Fissurometer 055F werden weiterhin Scherbewegungen registriert, jedoch mit rückläufigen Raten. Die hohen Verformungsraten an der im Bereich des Sattelkerns gelegenen Messstrecke K046 bewegen sich etwa auf dem signifikanten Niveau der Vorjahre und belegt mit der zunehmenden Schädigung der Streckenkontur, insbesondere südlich des Wettertores, eine große gebirgsmechanische Beanspruchung des Bereichs.

In den noch im anstehenden Salz auswertbaren Riss-Beobachtungsbereichen wurde mittels der zuletzt im Februar 2021 durchgeführten Messungen nur an Beobachtungsbereich 2 (westlicher Bereich der 20BA; vgl. Abbildung 4.29 auf Blatt 103) eine deutliche Aufweitung an einem Riss aufgezeichnet. Die Öffnungsweiten an den Beobachtungsbereichen zeigen im Vergleich zu den Vormessungen überwiegend eine stagnierende Entwicklung. Der im Beobachtungsbereich 2 vereinzelt zu beobachtenden fortschreitenden Ausbildung von Abschalungen wird durch Beraubearbeiten entgegengewirkt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 106

In den Beobachtungsbereichen 1, 8 und 9 wurden die vorhandenen Risse in dort erstellten Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken erfasst, welche vermutlich überwiegend durch den Abbindeprozess induziert wurden. Insgesamt zeigt sich über das Jahr eher ein stagnierender Verlauf der Rissentwicklung, leichte Schwankungen bei Messungen in der Jahresmitte legen teilweise die Beeinflussung durch einen Jahresgang nahe.

#### 4.4.3 Östlicher Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau und Verbindungsstrecke

##### Situationsbeschreibung

- *Auffahrung und Lage der betreffenden Grubenräume*

Die 1911 aufgefahrne Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau der 700-m-Sohle (Vahlberger Strecke) beginnt südlich des Schachtes Asse 2 und verläuft von dort auf einer Länge von ca. 375 m nach Osten (s. Anhang 9.6 auf Blatt 317). Im mittleren Abschnitt wurde im Mai 2014 eine Aufweitung der Strecke für die Baustoffanlage 40BA eingerichtet. Des Weiteren wurden dort im Juli 2017 am Nordstoß zwei mit einem schmalen Durchhieb verbundene Nischen als neuer, vergrößerter Standort des Traforaums aufgefahren. Östlich anschließend folgen, von der Vahlberger Strecke nach Süden abgehend, die Verbindungsstrecke zum Firstniveau und der 1927 erstellte Querschlag zum Blindschacht 3. Im Jahr 1912 wurde weiter östlich ein Querschlag in nordöstlicher Richtung aufgefahren. Von dieser Lokation am östlichen Rand des Carnallitbaufeldes wurde 1916 ein Gesenk östlich von Kaliabbau 12-Ost bzw. westlich von ELK1/750 aufgefahren. Das Gesenk und der angeschlossene Querschlag sind inzwischen mit Sorelbeton verfüllt.

In Folge des Erbohrens von Lösung wurde im Jahre 1912 ein Bohrlochsicherheitspfeiler um die Bohrung 23/700 verfügt, für den 2018 eine Verkleinerung bewilligt wurde. Das ehemalige Bohrort befindet sich in einer Nische ca. 20 m westlich des Dammjoches (Anhang 9.6 auf Blatt 317).

Die Verbindungsstrecke vom Sohlen- zum Firstniveau auf der 700-m-Sohle ist von März bis April 2014 erstellt worden.

Die ursprünglich geplante östliche Verbindung zum Schacht Asse 3 wurde seinerzeit nicht fertiggestellt. Die Strecke endet hier ca. 30 m hinter dem sogenannten Dammjoch, welches 1914 aus 40 Tübbingelementen erstellt und im September 2014 mit Sorelbeton verfüllt wurde. Danach wurde im unmittelbar vorlagernden Streckenteil ein Bohrort für horizontale Erkundungsbohrungen (EBrg. 700-1 und EBrG. 700-2) in östlicher Richtung eingerichtet. Im direkten Anschluss an die Anfang Juli 2018 vollzogene Beraubung dieses Bohrorts erfolgte aus dem Bohrort heraus eine Verlängerung des Streckenabschnitts weiter nach Osten. Dort wurde bis März 2019 in einer ersten Phase ein östlich über das Dammjoch hinausgehender neuer Bohrort aufgefahren in dem zwei Teilbohrörter (2. Phase) zur Durchführung von Erkundungsbohrungen eingerichtet wurden (Abbildung 4.31 auf Blatt 108). Nachdem bis Februar 2020 die Erkundungsbohrungen in östlicher bzw. nordöstlicher Richtung gestoßen wurden, erfolgte Juli 2020 im Rahmen einer dritten Auffahrungsphase die Aufweitung des südlichen Bohrorts. Im Anschluss wurden dort Bohrkeller für die in südöstlicher bzw. südwestlicher Richtung vorgesehenen Erkundungsbohrungen EBrG. 700-4 und EBrG. 700-5 erstellt (s. Anhang 9.9 auf Blatt 320).

- *Geologische Situation*

Der östliche Teil der 700-m-Sohle im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) sowie die Verbindungsstrecke zwischen First- und Sohlenniveau wurden bis auf ein Einschaltungen von Polyhalitbänkchensalz (Na<sub>2</sub>P) nahezu vollständig im Carnallit (K<sub>2</sub>C) der Staßfurt-Folge aufgefahren (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 107

Im östlichen Verlauf der Vahlberger Strecke, zum Dammjoch hin, erfolgt ein Übergang vom K2C hin zum Na3-Steinsalz der Leineserie ( $\text{Na}_3\beta$ ), welches auch als Trennfläche am westlichen Zugangsbereich zum Gesenk östlich des Kaliabbaus 12-Ost sowie im Querschlag zum Blindschacht 3 aufgeschlossen ist. So wurde das zuletzt in der zweiten und dritten Phase aufgefahrene Bohrort inklusive Zufahrt überwiegend in den Schichten des Gamma- und Beta-Liniensalzes im Na3 aufgefahren. Untergeordnet sind Schichten des Ronnenberghorizonts bis Banksalz aufgeschlossen. In der Vorerkundungsbohrung VorEBrg.700-1a.1 wurden Buntsalz und teilweise massige Anhydritlagen durchörtert, welche als Anhydritmittel angesprochen wurden [49]. Die Bohrung wies temporär einen sehr geringen Lösungsaustritt auf (Katasterstelle P700032).

- *Gebirgsmechanische Situation*

Für den Bereich der Vahlberger Strecke ergibt sich, bis auf den östlich von Blindschacht 3 liegenden Abschnitt, eine Lage im stark beanspruchten Sattelnern oberhalb des Abbaufelds im älteren Steinsalz ( $\text{Na}_2$ ).

Lediglich der Querschlag zum Gesenk östlich Kaliabbau 12-Ost verläuft mit einer Schwebenmächtigkeit von etwa 20 m oberhalb des Kaliabbaus 12-Ost. Dieser intensiv geschädigte Querschlag wurde nachgeschnitten und im Juni 2017 durch die Erstellung einer Strömungsbarriere mit vorgesetztem Widerlager vollständig mit Sorelbeton verfüllt.



Abbildung 4.30: Vahlberger Strecke mit entfestigtem Südstoß unmittelbar westlich der Einmündung des Querschlags zum Blindschacht 3 sowie abgetrenntem Fahrtrum am Nordstoß, Blick nach Westen (06.01.2021)

Im östlichen Abschnitt der Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau (Vahlberger Strecke) weisen die überwiegend im Carnallit gelegenen Stöße bis etwa zur Einmündung der Verbindungsstrecke zum Firstniveau nur leichte bzw. geringfügig angedeutete Abschalungen auf. Die Verbindungsstrecke weist eine stabile Firstwölbung auf und zeigt bislang nur vereinzelt die Ausbildung flacher Abschalungen auf.

Die östlich der Verbindungsstrecke deutlicher ausgeprägten Abschalungen an den Stößen sind nur abschnittsweise durch Anker gesichert und setzen sich bis östlich des Einmündungsbereich des Querschlags zum Blindschacht 3 fort (Abbildung 4.30).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 108

An den Stößen und der Firste des 2020 fertiggestellten Bohrorts wurden bislang keine signifikanten Auflockerungen festgestellt (Abbildung 4.31). Auch die betonierte Sohle sowie die Bohrkeller zeigen keine relevanten Rissbildungen bzw. Schädigungen. Die Firste der neu aufgefahrenen und nachfolgend zur Aufnahme des Fahrtrums (Fluchtweg) aufgeweiteten Zufahrtstrecke sowie die Teilbohrörter weisen eine gebirgsmechanisch ausreichende Firstwölbung auf.

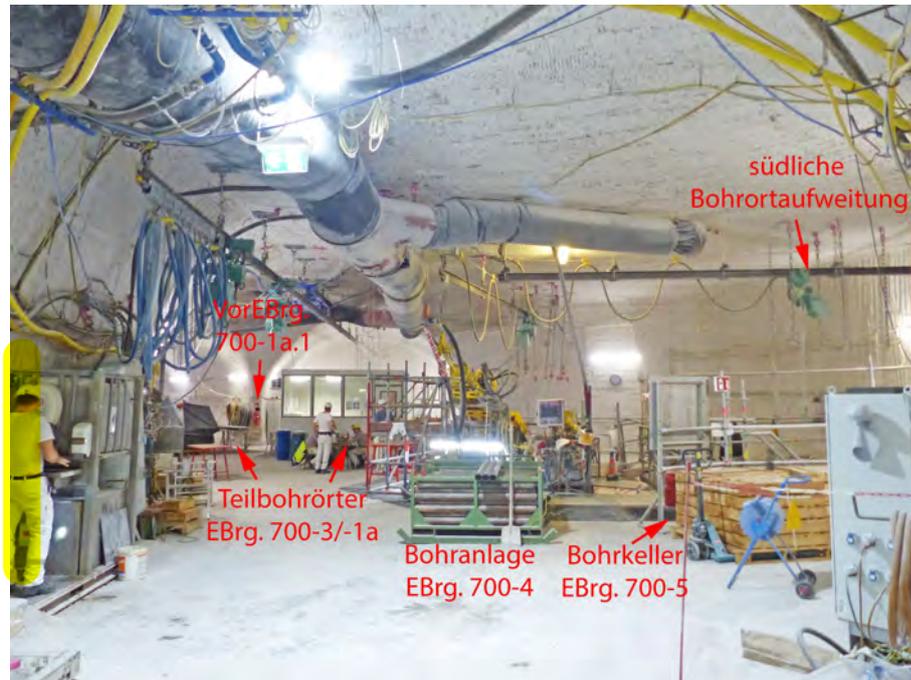


Abbildung 4.31: Vollständig aufgefahrenes Bohrort mit nordöstlich bzw. östlich abgehenden Teilbohrörter der Erkundungsbohrungen EBrG. 700-1a und 700-3, Lage der Vorerkundungsbohrung VorEBrG.700-1a.1 sowie südlicher Aufweitung für die Erstellung der Erkundungsbohrungen EBrG. 700-4 und 700-5, Blick nach Osten (06.01.2021)

Der schmale Pfeiler zwischen den beiden Teilbohrörtern, mit der VorEBrG. 700-1a.1 in der Mitte (s. Abbildung 4.31), zeigt im unteren Bereich der westlichen Spitze Feuchtstellen mit Verlaufspuren von auskristallisierter Lösung. Der Pfeiler ist in diesem Bereich, unterhalb der Bohrung, durch die Feuchtigkeit leicht dunkel gefärbt.

Die VorEBrG. 700-1a.1 selbst ist nur bis zu einem Absatz im Übergang zu einem kleineren Bohrdurchmesser mit dem bloßen Auge einsehbar, die vormalig darin stehende Lösung ist eingetrocknet. Im vorderen Teil der VorEBrG. 700-1a.1 ist die Ausbildung eines vertikalen Risses in der hangenden Bohrungskontur erkennbar, welcher bereits im März 2019 ausgebildet war und sich seitdem augenscheinlich nur geringfügig aufgeweitet hat. Eine Markierung am oberhalb der VorEBrG. 700-1a.1 in der Pfeilerstirn verlaufenden Vertikalriss zeigt zuletzt keine Verlängerung des Risses (s. Abbildung 4.32).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 109



Abbildung 4.32: Riss von geringer Öffnungsweite oberhalb des Ansatzes von VorEBrg. 700-1a.1 - die September 2020 gesetzte Markierung wurde bislang nicht überschritten, Blick nach Osten (06.01.2021)

## Messergebnisse

- *Konvergenzmessquerschnitte*

Im mittleren Bereich der Vahlberger Strecke sind seit Juli 2014 die Konvergenzmessquerschnitte K038 und K039 eingerichtet, wobei die Messstelle K038 im Zuge der Auffahrung der Trafonische 2017 abgeworfen wurde (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die horizontalen und vertikalen Verformungsraten von K039 bewegen sich zum Ende Dezember 2020 mit Verformungsraten von jeweils 0,8‰/a weiterhin etwa auf dem Niveau der bislang dort ermittelten Werte (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). Weiter östlich wurden seit 2004 in dem nach Süden abgehenden Querschlag zum Blindschacht 3 der Messquerschnitt K18 und in der nördlich zum Gesenk östlich Kaliabbau 12-Ost abgehenden Strecke der Messquerschnitt K19 eingerichtet. Letzterer zeigte bis Anfang 2017 relativ hohe Verformungsraten, ist aber durch die Verfüllung der Strecke entfallen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). In den 2016 neu instrumentierten Messstrecken von K18 im Querschlag zum Blindschacht 3 liegen die horizontalen und vertikalen Verformungsraten zum Dezember 2020 mit 2,6‰/a (horizontal) bzw. 3,4‰/a (vertikal) unterhalb der Verformungsraten von Dezember 2019. Die zuvor beobachtete Annäherung an das hohe Niveau der Werte der bereits abgeworfenen vertikalen Messstrecke K19V hat sich nicht fortgesetzt (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). An der im westlichen Bereich der Aufweitung des Bohrorts neu eingerichteten Messstelle K052 (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318) werden seit Mitte 2019 Konvergenzmessungen durchgeführt. Die K052 ist jedoch nach sehr kurzer Messzeit bereits Anfang 2020 im Rahmen der 3. Auffahrungsphase entfallen und wurde Anfang 2021 als Messstelle K058 neu eingerichtet bzw. fortgeführt. Die ermittelten Verformungsraten liegen an K052 zum Januar 2020 bei 1,5‰/a (horizontal) bzw. 1,0‰/a (vertikal), die Werte der neu eingerichteten Messstelle K058 liegen Anfang Februar 2021 mit 0,02‰/a (horizontal) bzw. 0,9‰/a (vertikal) darunter (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 110

Ebenfalls seit Juli 2014 sind in der neu aufgefahrenen Verbindungsstrecke zwischen den Richtstrecken die Konvergenzmessquerschnitte K040 und K041 eingerichtet worden (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die horizontalen und vertikalen Verformungsraten zur Vormessung liegen am 30.12.2020 für K040 bei 0,1 ‰/a (horizontal) bzw. 0,8 ‰/a (vertikal) und für K041 mit 0,1 ‰/a (horizontal) bzw. 0,5 ‰/a (vertikal) marginal darunter (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). Die Werte liegen innerhalb der Bandbreite der Vormessungen seit Messbeginn.

- **Georadarmessungen**

Im Vorfeld der Erstellung der in östlicher Richtung geplanten Erkundungsbohrungen EBrG. 700-1a und EBrG. 700-3 wurden Georadaruntersuchungen an der Kontur der über einer verfüllten Strecke im Liegenden verlaufenden Zufahrtsstrecke sowie im Bohrort selbst durchgeführt. Dabei wurden in der Sohle liegende Hohlräume detektiert, welche in daraufhin gestoßenen Kontrollbohrungen als Firstspalte erkannt und verfüllt werden konnten.

Die am Bohrortstoß in Richtung der geplanten Erkundungsbohrungen durchgeführten Georadaruntersuchungen haben Strukturen erfasst, welche u. a. als Anhydritmittel in etwa 20 m Entfernung vom östlichen Bohrortstoß interpretiert wurden.

- **Erkundungsbohrung zur Radonbohrung 2**

Der Abstand der Verbindungsstrecke zur betrieblichen Bohrung 473 (Radonbohrung 2) von 4,3 m wurde durch die Erkundungsbohrung SBS-750-30.1 ermittelt (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318).

- **Sohlkontrollbohrungen**

In der Sohle des in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke oberhalb der verfüllten Strecke östlich des Dammjochs aufgefahrenen Bohrorts wurde bei Georadaruntersuchungen an drei Lokationen ein Verdacht auf Hohlräume belegt. Dort wurden drei Sohlkontrollbohrungen (SKBrG. 700-12 bis SKBrG. 700-14) erstellt (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die darin angetroffenen Firstspalte zur verfüllten unterlagernden Strecke (Spaltbreite max. etwa 8 mm) wurden bereits im September 2018 qualitätsgerecht verfüllt. Weitere geöffnete Risse oder Hinweise auf Feuchtigkeit waren nicht erkennbar.

- **Firstkontrollbohrungen**

Im Bereich des in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke in der ersten Phase aufgefahrenen Bohrorts wurden zwei Firstkontrollbohrungen gestoßen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die seigeren Bohrungen haben einen Durchmesser von jeweils 42 mm.

Die im westlichen Zugangsbereich des Bohrorts sowie im östlichen Bohrort gelegenen Firstkontrollbohrungen FKBrG. 700-08 und FKBrG. 700-09 zeigen eine überwiegend leicht raue Bohrlochkontur mit durch den Bohrvorgang bedingten parallelen Riefen. Geöffnete oder potentielle Risse bzw. Feuchtigkeit sind bei der Befahrung im September 2020 nicht erkennbar, zum Bohrlochtieftsten sind jeweils schwach gelblich-bräunliche Einschaltungen ausgebildet.

- **Stoßkontrollbohrungen**

Im Bereich der nordöstlichen Ortsbrust des in der ersten Auffahrungsphase erstellten Bohrorts wurde die Stoßkontrollbohrung StKBrG. 700-05 zum Liegenden einfallend von der Stoßkontur bis in den Übergang vom anstehenden Salz in die Sorelbetonverfüllung des unterlagernden, nördlich abgehenden Streckenstummels gestoßen. Bis auf rissförmige Konturausbrüche im Übergang Salz/Sorelbeton waren keine geöffneten oder potentiellen Risse bzw. eindeutige Hinweise auf Feuchtigkeit erkennbar. Die Bohrung wurde im Dezember 2018 qualitätsgerecht verfüllt.

- **Vorerkundungsbohrungen im Bohrort**

Am nordöstlichen Stoß des in der ersten Phase aufgefahrenen Bohrorts in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke wurde die ca. 20,1 m lange VorEBrG. 700-3.1 mit einem Durchmesser

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 111

von 42 mm in Richtung der geplanten Erkundungsbohrung EBrG. 700-3 gestoßen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Geöffnete oder potentielle Risse bzw. eindeutige Hinweise auf Feuchtigkeit waren nicht erkennbar, angedeutete sulfatische Lagen wurden nicht dem Anhydritmittelsalz zugeordnet.

Im Bereich der nördlichen Ortsbrust des Bohrorts in der ersten Auffahrungsphase wurde die ca. 34,8 m lange VorEBrG. 700-1a.1 als Kernbohrung gestoßen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Die Bohrung trifft neben dünneren sulfatischen Lagen auch eine etwa 2,56 m mächtige Anhydritlage an (in [49] den Anhydritmitteln zugeordnet). Bis einschließlich der Anhydritlagen zeigt sich die Bohrlochkontur feucht bis nass, zum Bohrlochtieftsten liegt eine trockene Bohrlochkontur vor.

Etwas in Stoßmitte der Ortsbrust, südlich der geplanten Erkundungsbohrung EBrG. 700-1a, wurde die ca. 20,0 m lange VorEBrG. 700-4.1 als Kernbohrung in Richtung der geplanten Erkundungsbohrung EBrG. 700-3 gestoßen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Das Anhydritmittelsalz wurde nicht erbohrt, es gibt keine geöffneten oder potentiellen Risse bzw. Hinweise auf Feuchtigkeit.

- *Erkundungsbohrungen aus den Teilbohrern in östlicher bzw. nordöstlicher Richtung*  
Aus dem Bohrkeller des in der zweiten Phase aufgefahrenen nordöstlichen Teilbohrorts wurde bis Anfang Februar 2020 die Erkundungsbohrung EBrG. 700-3 mit einem Durchmesser von 98 mm, etwa mit  $-25,2^\circ$  nach Nordosten einfallend, bis zur geplanten Endteufe von ca. 399,4 m gestoßen.

Ebenfalls aus einem Bohrkeller eines in der zweiten Phase in östlicher Richtung aufgefahrenen Teilbohrorts wurde bis Ende Januar 2020 die Erkundungsbohrung EBrG. 700-1a mit einem Durchmesser von 98 mm, etwa mit  $-25,2^\circ$  nach Ost-Südosten einfallend, zunächst bis zu einer Teufe von ca. 399,4 m gestoßen und nachfolgend auf 482,2 m verlängert.

Aus einem im Rahmen der dritten Auffahrungsphase erstellten Bohrkeller wurde bis zum 22. Dezember 2020 die Erkundungsbohrung EBrG. 700-4 mit einem Durchmesser von 98 mm und etwa mit  $0^\circ$  nach Süd-Südosten einfallend, bis auf ca. 115,9 m Teufe gestoßen. Aufgrund ange-troffener Lösung wurden die Bohrarbeiten unterbrochen und die Bohranlage zum Erstellen der Erkundungsbohrung EBrG. 700-5 umgerüstet.

- *Minimalspannungsmessungen und Permeabilitätsmessungen*  
Im Bereich des Querschlags zum Gesenk östlich Kaliabbau 12-Ost sowie im Umfeld des Dammjochs wurden diverse Erkundungsbohrungen mit anschließender Durchführung von Permeabilitäts- und Minimalspannungsmessungen erstellt [50].

Erwartungsgemäß zeigt sich bei den Erkundungsbohrungen in den augenscheinlich aufgelockerten Stößen eine Zunahme der minimalen Hauptspannungen und Abnahme der Permeabilitäten je größer der Abstand zur Stoßkontur wird. Die Untersuchungen an den Erkundungsbohrungen im Sohlenbereich belegen eine deutliche Zunahme der Auflockerungen bei Annäherung an das Carnallitbaufeld.

Mitte 2016 erfolgten im Carnallit Untersuchungen zur Standorterkundung eines potentiellen Bohrorts für Bohrungen zur Faktenerhebung an der ELK 12/750 [51]. Die Bohrungen wurden in zwei Lokationen an der Vahlberger Strecke gestoßen, in einer Aufweitung westlich der Verbindungsstrecke zur Richtstrecke im Firstniveau und im Einmündungsbereich des Querschlags in Richtung des Gesenks östlich Kaliabbau 12-Ost. Die Untersuchungen der Gebirgsbeschaffenheit weisen auf deutlich geschädigte Bereiche hin, es wurde insgesamt von der Auffahrung eines Bohrorts in diesem Bereich abgeraten.

Vor Durchführung der zweiten Auffahrungsphase des Bohrorts in östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke, entsprechend Phase 2 des SBPI. 10/2017, wurden die Vorerkundungsbohrungen VorEBrG. 700-1a.1 (nördlich des Teilbohrorts für EBrG. 700-1a, bis in den Bereich der

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 112

Anhydritmittel), VorEBrg. 700-3.1 (Bereich des Teilbohrorts für EBrG. 700-3) und VorEBrg. 700-4.1 (südlich des Teilbohrorts für EBrG. 700-1a) gestoßen.

An den Vorerkundungsbohrungen wurden die minimale Druckeinspannung und Integrität im Gebirgsbereich im Umfeld von anstehenden Anhydritlagen ermittelt, um eine ausreichende Standfestigkeit zur Durchführung der geplanten Erkundungsbohrungen bei ausreichender Abdichtung der Standrohre gewährleisten zu können.

Bei den durch das Institut für Gebirgsmechanik (IfG) durchgeführten Untersuchungen wurden an der VorEBrg. 700-1a.1 geringe Permeabilitäten und hohe minimale Druckeinspannungen ermittelt.

Anschließend durchgeführte Untersuchungen an den Vorerkundungsbohrungen VorEBrg. 700-3.1 und VorEBrg. 700-4.1 belegen für beide Bohrungen eine weitgehende Dichtigkeit und Integrität des anstehenden Gebirges. Dabei zeigen die Spannungssondierungen in der VorEBrg. 700-3.1 ein Niveau der kleinsten Hauptnormalspannung von 7 MPa bis 9 MPa und in der VorEBrg. 700-4.1 von 7 MPa bis 12 MPa (konturnah bei 1,7 m Teufe 2 MPa). Die Permeabilitätsmessungen zeigten auch keine Druckzunahmen, welche auf angeschlossene Fluidreservoirs hindeuten.

Dementsprechend erfolgte die Auffahrung der Bohrer mit nachfolgender Erstellung der beiden Erkundungsbohrungen EBrG. 700-1a und EBrG. 700-3, in denen weitere Minimalspannungs- und Permeabilitätsmessungen an ausgewählten Bereichen geplant sind.

## Bewertung der Messergebnisse

Die nur geringen Schädigungen der Stöße der Vahlberger Strecke im Bereich westlich des Standorts der 20BA, bis etwa zur Einmündung der Verbindungsstrecke zum Firstniveau, korrelieren mit dort an den Konvergenzmessquerschnitten ermittelten moderaten Verformungsraten, welche sich im Rahmen der durchschnittlichen in diesem Teil des Grubengebäudes vorliegenden Werte bewegen.

Die östlich der Verbindungsstrecke deutlicher ausgeprägten Abschalungen an den Stößen sind teilweise durch Anker gesichert, wobei die im Einmündungsbereich des Querschlags zum Blindschacht 3 ausgebildeten markanten Scherflächen bislang nicht gesichert sind. Dort sind bedarfsweise Beraubungsmaßnahmen bzw. eine Ankerung an den entfestigten Stößen vorzunehmen. Die im Querschlag zum Blindschacht 3 ermittelten Verformungsraten liegen weiterhin auf hohem Niveau, aber unterhalb der Vorjahreswerte.

In östlicher Verlängerung der Vahlberger Strecke erfolgte, von dem Bohrort der Erkundungsbohrungen EBrG. 700-1/ 700-2 ausgehend, zunächst in zwei Phasen bis Mitte 2019 die Auffahrung des neuen Bohrorts zur Durchführung geplanter Erkundungsbohrungen in östlicher Richtung. In einer dritten Auffahrungsphase wurde Anfang 2020 das südliche Bohrort zur Erstellung von Erkundungsbohrungen in südwestlicher und südöstlicher Richtung erweitert. Bislang wurden nach fertiggestellter Auffahrung des Bohrorts keine erkennbar aufgelockerten Bereiche in der Streckenkontur angetroffen. Die in der Zufahrt zum Bohrort erkundeten Firstspalte in der Schwebe zur überfahrenen, mit Sorelbeton verfüllten, Strecke östlich des Dammjochs, wurden mit Mörtel injiziert. Die Kontrollbohrungen in der Firste des Bohrorts zeigen weiterhin keine Auflockerungen bzw. Feuchtigkeit.

Die Vorerkundungsbohrung VorEBrg. 700-1a.1 wurde bis ins Anhydritmittelsalz gestoßen, insbesondere dort zeigte sich die Bohrung feucht und es kam temporär zu einem geringfügigen Lösungsaustritt (Katasterstelle P700032). Die mittig im Pfeiler zwischen den beiden Teilbohrern für die Erkundungsbohrungen EBrG. 700-1a/700-3 gelegene Bohrung weist unweit vom jetzigen Bohrlochmund einen Riss im Bereich der hangenden Bohrungskontur auf, dieser hat sich 2020 augenscheinlich nur marginal

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 113
---	------------

aufgeweitet. Auch der am Bohransatzpunkt in der gering dimensionierten Pfeilerspitze zum Hangenden verlaufende kurze Riss zeigt zuletzt keine Verlängerung. Die unterhalb der VorEBrg. 700-1a.1 an der Pfeilerspitze ausgebildete Feuchtstelle ist möglicherweise auf eine Migration von im Umfeld der Anhydritmittel vorgefundenen Lösungen zurückzuführen und hat sich 2020 nicht ausgeweitet.

Nachdem die an den Vorerkundungsbohrungen durchgeführten Minimalspannungsuntersuchungen und Permeabilitätsmessungen eine zur Durchführung und Abdichtung der geplanten Erkundungsbohrungen ausreichende Gebirgsintegrität belegten, wurden bis Ende Januar bzw. Anfang Februar 2020 die Erkundungsbohrungen EBrig. 700-1a und EBrig. 700-3 zunächst bis zur geplanten Endteufe gestoßen, wobei EBrig. 700-1a nachfolgend auf 482,2 m verlängert wurde. Die geologische Schichtenaufnahme der Kernstrecke aus den beiden Erkundungsbohrungen liegt noch nicht abschließend vor, weiterhin sind noch Permeabilitäts- und Minimalspannungsmessungen an diesen Bohrungen vorgesehen. Die bislang durch das Monitoring gewonnenen Erkenntnisse lassen keine Einwände gegen die weitere Durchführung der Erkundungsbohrungen EBrig. 700-4 und EBrig. 700-5 erkennen.

In der 2014 neu aufgefahrenen Verbindungsstrecke zwischen den Richtstrecken nach Osten vom Sohlen- zum Firstniveau liegen bislang keine signifikanten Entfestigungen vor und die Verformungsraten an den Konvergenzmesstrecken liegen weiterhin auf niedrigem Niveau. Der günstig konturierte Streckenquerschnitt der Verbindungsstrecke unterstützt die geplante langfristige Offenhaltung, wenngleich sich lokal erste geringmächtige Abschaltungen am Nordstoß des östlichen Abschnitts andeuten.

#### 4.4.4 Firstniveau der 700-m-Sohle und Wendelstrecke (bis zur Einbindung ins Sohlenniveau)

##### Situationsbeschreibung

- *Auffahrung und Lage der betreffenden Grubenräume*

Die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau wurde 1994 als Abbaubegleitstrecke zur Verfüllung der Abbaue 11/700 bis 18/700 der Südflanke mit einem Querschnitt von ca. 17,5 m<sup>2</sup> aufgefahren (s. Anhang 9.6 auf Blatt 317). Die Abbaubegleitstrecke verläuft nördlich der Abbaue der Südflanke im Firstniveau der 700-m-Sohle. Aus der Strecke wurden Zugänge zu den Abbauen 10/700 bis 18/700 aufgefahren. Des Weiteren wurde eine auf Höhe Abbau 12/700 nach Norden abgehende Strecke erstellt, welche als Werkstatt und Standort der Zyklone genutzt wird. Von dort geht auch eine Fluchtbohrung zur westlichen Bunkerstrecke im Sohlenniveau der 700-m-Sohle ab.

Nordwestlich von Abbau 10/700 (seit August 2015 Standort der mobilen Baustoffanlage 30BA) trifft die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf die Wendelstrecke auf Höhe des Querschlags zu den Abbauen 9 und 10/700. In den Jahren 1988 – 1996 wurden die Abbaue 10-12/700 mit Eigensalz und die Abbaue 13-18/700 mit Ronnenbergsalz versetzt.

Von 1996 bis 1997 wurde die Richtstrecke im Firstniveau auf einer Länge von ca. 190 m – von Abbau 13/700 bis Abbau 18/700 – mit einem Gemisch von Eigensalz und Fremdsalz (Ronnenbergversatz) verfüllt. Im Zuge der Firstspaltverfüllung in der Südflanke (06/2009–05/2012) wurde dieser Bereich wieder aufgewältigt.

Die Firstspaltverfüllung der Abbaue 6-9/725 und 11-18/700 sowie die Nachverfüllung der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 725-m-Sohle erfolgte von Mai 2011 bis Oktober 2013. Die Betonage des östlichen Bereiches der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 700-m-Sohle bis zum Einbinden der Verbindungsstrecke zum Sohlenniveau der 700-m-Sohle erfolgte im Februar 2014.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 114

Im Westen mündet die Richtstrecke nach Osten (Firstniveau) in die Wendelstrecke ein, von hier geht auch eine Strecke zum Abbau 12/700 ab. Weiter westlich in der Wendelstrecke im Firstniveau befindet sich der Zugang zum konvergierten bzw. verfüllten Blindschacht 2, der südliche Teil des Zugangs wurde 2018 abgemauert und Anfang 2019 mit Sorelbeton verfüllt. Abwärts an der nach Norden schwenkenden Wendelstrecke geht nordöstlich der Zugang zum 2006 aufgefahrenen Standort der Baustoffanlage 50BA ab, welche über einen Fluchtweg mit dem Standort der 20BA verbunden war. Zum Fertigstellungsstand des Berichtes ist die Sorelbetonverfüllung des Standortes 50BA und des Zugangs zur 20BA erfolgt.

Weiter nördlich im Sohlniveau der 700-m-Sohle ergibt sich ein Kreuzungspunkt, an dem östlich die Vahlberger Strecke einmündet und sich nach Westen die Wendelstrecke in den Bereich oberhalb des Abbaus 6/725 (Na2) fortsetzt. Letzterer wurde 2020 anteilig freigeladen und Anfang 2021 mit Sorelbeton verfüllt.

- *Geologische Situation*

Sowohl die Vahlberger Strecke, als auch die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau, wurden überwiegend im Kaliflöz der Staßfurt-Folge (K2C) aufgefahren, das Einfallen der Schichten variiert zwischen 68° bis 80° nach Südwesten bzw. 80° nach Nordosten (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Das Kaliflöz in den beiden Richtstrecken unterscheidet sich dadurch, dass es in der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau augenscheinlich brüchiger als im Sohlenniveau ist.

Die südlich der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau gelegenen Abbaue 11/700 bis 18/700 wurden im Steinsalz der Leineserie (Na3β) aufgefahren. Die nördlich zu den Zyklonen abgehende Strecke durchläuft mehrfach Wechselfolgen von ins Kalisalz eingeschalteten Na2K- und Na2P-Lagen.

Die Wendelstrecke quert im betrachteten Bereich von Süden nach Norden sämtliche Schichten der Staßfurt-Folge, beginnend im Firstniveau mit K2C bis zur Na2K-, Na2P- und Na2S-Abfolge im Sohlenniveau auf Höhe der Vahlberger Strecke. Unmittelbar im Einmündungsbereich von der Wendelstrecke in die Zufahrt zum Blindschacht 2 ist der Übergang vom K2C ins Na3-Steinsalz aufgeschlossen.

- *Gebirgsmechanische Situation*

Die Richtstrecke nach Osten im Firstniveau sowie die Abbaue auf der 700-m-Sohle sind dem Baufeld an der Südflanke zuzuordnen. Im Vergleich zu den anderen Sohlen unterscheiden sich die Abbaue auf der 700-m-Sohle dadurch, dass diese in Streichrichtung nur die halbe Größe aufweisen und somit eine doppelte Anzahl an querschlägigen Pfeilern vorhanden ist.

Insbesondere im Bereich der Abbaue 11 bis 14 weisen die zunehmend entfestigten Stöße der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 700-m-Sohle intensive Abschalungen auf und sind fortlaufend zu berauben (Abbildung 4.33).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 115



Abbildung 4.33: Intensive Abschalungen am Nord- und Südstoß der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau auf Höhe der Abbaue 12-13 mit Extensometer 700004 im Pfeiler 12/13, Blick nach Westen (22.01.2021)

Die Wendelstrecke im Firstniveau der 700-m-Sohle befindet sich noch im Bereich der Südflanke, führt dann aber nordwärts in das Baufeld im Sattelnern (Na2). Besonders der Südstoß der Wendelstrecke im Bereich vom Standort der 30BA in Richtung zur 679-m-Sohle, bis auf Höhe von Abbau 8/700, zeigt sich stark entfestigt. Dort ist der Übergang vom Kalisalz ins Steinsalz des Na3 teilweise als Bewegungsfläche ausgebildet (Abbildung 4.34).

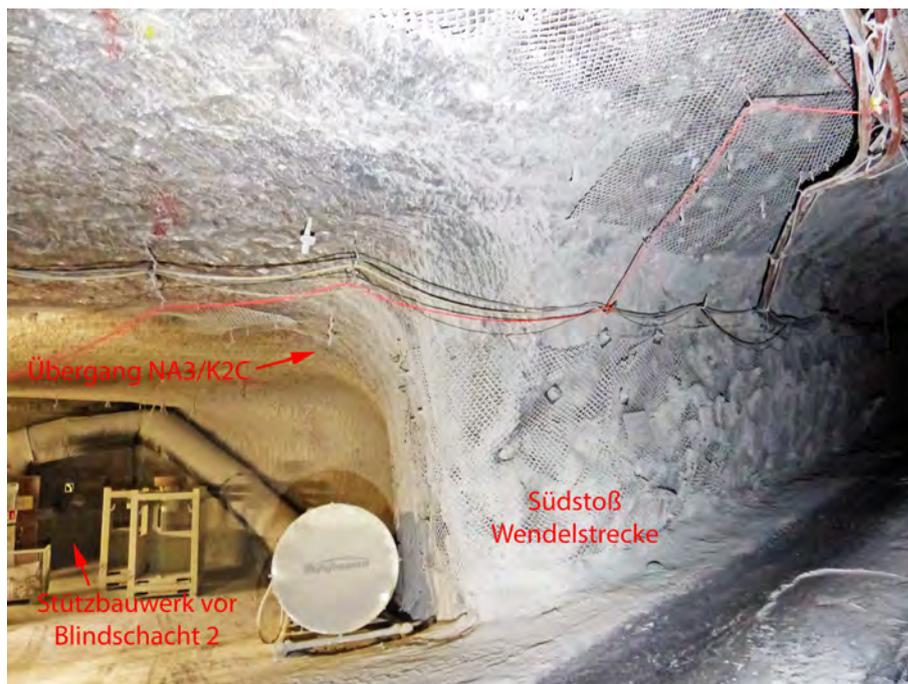


Abbildung 4.34: Entfestigter Südstoß der Wendelstrecke westlich des im südlichen Teil verfüllten Zugangs zum Blindschacht 2, Blick nach Südwesten (05.01.2021)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 116

Im Bereich des nördlich vom Standort der 30BA in Richtung Sohlenniveau abgehenden Wendelstreckenabschnitts erfolgten im Rahmen der Verfüllung des Standorts der Baustoffanlage 50BA Nachschnitarbeiten am östlichen Wendelstreckenstoß. So wurde südlich des abgemauerten Zugangs zur 50BA eine Nische mit Betonpodest erstellt, welche als Stellfläche für Schaltschränke fungiert. Der östliche Wendelstreckenstoß unmittelbar nördlich des Zugangs wurde auf etwa 10 m Länge unter Erstellung einer bis in den Übergangsbereich zur Firste reichende Nische nachgeschnitten, diese wurde durch eine bündige Stützmauer aus Sorelbeton stabilisiert (Abbildung 4.26 auf Blatt 100). Südlich des Zugangs zur 50BA wurde eine Nische aufgeweitet, welche mit einem Betonsockel versehen ebenfalls als Stellfläche genutzt wird (Abbildung 4.26 auf Blatt 100).

## Messergebnisse

- *Konvergenzmessquerschnitte*

In der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau der 700-m-Sohle existieren vier Konvergenzmessquerschnitte. Einer in westlicher Verlängerung zwischen den Abbauen 9/10 (K018) sowie jeweils in den Pfeilern 12/13 (K028, Pfeilerreihe 6/7), 14/15 (K029, Pfeilerreihe 7/8) und 16/17 (K030, Pfeilerreihe 8/9) (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318).

Die an den vier Messstellen in der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau ermittelten horizontalen Verformungsraten bewegen sich von Mitte 2015 bis Ende 2020 in einer Bandbreite zwischen ca. 0,4 ‰/a bis 2,3 ‰/a, Ende Dezember 2020 lagen sie zwischen ca. 0,7 ‰/a bis 1,5 ‰/a.

In vertikaler Richtung liegen die Verformungsraten der Messstellen im Dezember 2020 zwischen den Abbauen 9/10 (K018), im Pfeiler 14/15 (K029) und im Pfeiler 16/17 (K030) bei 2,0 ‰/a bis 2,6 ‰/a, was jeweils über dem Vorjahresniveau im Dezember 2019 liegt (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). Die Messstelle K028 in der Pfeilerreihe 6/7 weist zum Ende Dezember 2020 eine vertikale Verformungsrate von 3,3 ‰/a auf, was deutlich unter dem Vorjahreswert von 5,0 ‰/a bzw. unterhalb der langjährigen Bandbreite. Über das ganze Jahr 2020 betrachtet liegen die mittleren Verformungsraten an allen vier Messstellen etwa auf dem Niveau der Vorjahre.

Die ermittelten Verschiebungsvektoren im betrachteten Streckenabschnitt zeigen weiterhin überwiegend in Richtung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke [52].

- *Extensometer*

In den Pfeilern 8/9 (Pfeilerreihe 4/5, Extensometer 700005), 11/12 (Abbaureihe 6, Extensometer 700003) und 12/13 (Pfeilerreihe 6/7, Extensometer 700004) ist je ein querschlägiges 4- bzw. 5-fach Extensometer eingebaut (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318).

Die Ende 2020 an den östlichen Messstellen auf der 700-m-Sohle ermittelten querschlägigen Pfeilerstauchungsraten liegen für die beiden Extensometer 700003 und 700004 weiterhin wenig oberhalb bzw. knapp unterhalb von 30 mm/a. Nachdem sich bei Betrachtung des bohrlochtiefsten Ankerpunkts die Pfeilerstauchungsraten für das Extensometer 700005 zu Beginn 2019 deutlich erhöht und dem Niveau der Extensometer in den Pfeilerreihen 11/12 und 12/13 mit knapp unterhalb von 30 mm/a angenähert haben, sind die Werte anschließend wieder stark abgesunken und liegen in 2020 nur noch bei etwa 10 mm/a (s. Abschnitt 2.1 auf Blatt 15). An den nah des Extensometerkopfpunkts gelegenen Ankerpunkten der Extensometer 700004 und 700005 überwiegen noch Dehnungsbewegungen durch die Konvergenz der im Kalisalz verlaufenden geschädigten Strecke. Demgegenüber nehmen die Stauchungsbewegungen, welche auf das Auflaufen der Südflanke zurückgeführt werden, zum Bohrlochtiefsten deutlich zu.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 117

- *Inklinometer*

Im Pfeiler 12/13 auf der 700-m-Sohle befindet sich die Bohrung 700005 für Inklinometermessungen, welche mit einer Temperatur-/Feuchtemesskette bestückt ist (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318).

Das Bohrloch (700005) neigt sich im Bezugszeitraum 1997 bis 2020 gleichmäßig bis in eine Teufe von etwa 26 m. Im Anschluss daran nimmt das Einfallen zu. Bei einer Teufe von 48 m steigt die Bohrung zunächst wieder an, um dann ab 54 m bis zum Ende der Bohrung bei 60 m auf –814 mm abzufallen. Die maximale Gesamtsenkung bezogen auf den Bohransatzpunkt wurde im Bezugszeitraum bei 48 m Teufe mit –867 mm gemessen. Die Ergebnisse der visuellen Begutachtung der Bohrung 700005 lassen sich Abschnitt 2.2.5 auf Blatt 24 entnehmen.

- *Temperatur-/Feuchtemesskette*

Im Pfeiler 12/13 befindet sich eine Bohrung für Inklinometermessungen (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318), welche, abgesehen vom Zeitpunkt der Inklinometermessung, mit einer Temperatur-/ Feuchtemesskette bestückt ist. Hier liegen die am 31.12.2020 an den einzelnen Sensoren (in unterschiedlicher Teufe) gemessenen relativen Luftfeuchtigkeiten zwischen 26 % bis 40 % marginal über den Vorjahreswerten (31.12.2019 zwischen 25 % bis 37 %), maximal wurden im November 2020 knapp 43 % gemessen. Die Temperaturen liegen 2020 an allen Sensoren durchgehend bei etwa 34 °C, womit die Werte etwa auf dem Vorjahresniveau liegen.

Eine weitere Temperatur-/Feuchtemesskette befindet sich im Pfeiler 14/15 (ÜFV 23) (s. Anhang 9.7 auf Blatt 318). Dort zeigen sich an den unterschiedlichen Sensoren am 31.12.2020 relative Luftfeuchtwerte zwischen 33 % und 60 %, welche relativ konstant über das ganze Jahr vorlagen. Die Temperaturen betragen Ende 2020 zwischen 33 °C und 34 °C und zeigten im Jahresverlauf keine relevanten Schwankungen. Es ergeben sich nur marginale Veränderungen der Luftfeuchte- bzw. der Temperaturwerte im Vergleich zu den Ende 2019 erfassten Werten.

## Bewertung der Messergebnisse

Die Stöße der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau zeigen sich insgesamt deutlicher geschädigt, als im Sohlenniveau. Grundsätzlich weist der Carnallit hier eine vergleichsweise geringere Stabilität und die Streckenkontur deutliche Abschalungen auf. Damit in Übereinstimmung liegen die dort ermittelten Verformungsraten, insbesondere in Pfeilerreihe 6/7, weiterhin im oberen Bereich der insgesamt im Grubengebäude ermittelten Werte. An den Messquerschnitten K028 und K030 zeigen sich Ende 2020 zuletzt stark abnehmende vertikale Verformungsraten, im Mittel liegen die Werte in diesem Monitoringabschnitt mit nur leichten Abweichungen auf dem Niveau der Vorjahreswerte.

Die zu Beginn 2019 registrierte deutliche Zunahme der Pfeilerstauchungsraten zwischen den Abbauen 8 und 9/700, welche auch in Zusammenhang mit Betonagetätigkeiten im Bereich der Zufahrt zum Blindschacht 2 gebracht wurde, ist seit Anfang 2020 wieder auf ein Niveau knapp unterhalb des Vorjahres abgesunken. Die am in der Nähe gelegenen Messquerschnitt K018 erfasste vertikale Konvergenzrate zeigte zu Beginn und Mitte 2019 sehr deutliche Anstiege, hat sich bis 2020 aber auf ein Niveau knapp unterhalb der in den Vorjahren erfassten Werte verringert.

Die Wendelstrecke zeigt sich im Bereich vom Standort der 30BA in Richtung zur 679-m-Sohle bis auf Höhe von Abbau 8/700, insbesondere am Südstoß zunehmend stark entfestigt. Dabei reichen die Abschalungen bis zum Übergang in die Firste, westlich des Zufahrtbereichs zum Blindschacht 2 zeigt sich auch die Systemankerung bereits stark beansprucht. Der zuvor durch intensive Abschalungen geschädigte Südstoßabschnitt unmittelbar nördlich des Zugangs zur Baustoffanlage 50BA wurde durch eine Stützmauer saniert.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 118

#### 4.4.5 Fazit

Zum vorliegenden Berichtsstand wurden im Monitoringbereich bereits diverse Sanierungsmaßnahmen, insbesondere im zentralen Sohlenniveau im Umfeld der Baustoffanlage 20BA durchgeführt bzw. begonnen (s. Anhang 9.8 auf Blatt 319). Dennoch zeigen die Monitoringergebnisse weiterhin eine fortschreitende Entfestigung der für die Durchführung der Vorsorge- und Erkundungsmaßnahmen notwendigen Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle.

Sowohl im Umfeld der noch für eine lange Betriebsdauer benötigten Baustoffanlage 20BA, als auch in weiteren Abschnitten der 700-m-Sohle sind nach jetzigem Stand noch folgende Sanierungsmaßnahmen umzusetzen:

- Noch nicht konvergierte Bereiche der nördlich von der Vahlberger Strecke zum Schacht 2 abgehenden ehemaligen Wetterstrecke mit Schachtumfahrung, inklusive des dazwischen liegenden Hochbruchs, sind mit Sorelbeton zu verfüllen. Dazu soll zunächst der Anschluss der verbrochenen Wetterstrecke im Sohlenniveau der 700-m-Sohle aufgewältigt und verfüllt werden. Im Anschluss ist der Hochbruch zu betonieren und die oberen Abschnitte der Wetterstrecke sollten von einer noch aus der Zyklonstrecke zu erstellenden Strecke verfüllt werden. Diese Verfüllung trägt auch zur Stabilisierung des unmittelbar westlich gelegenen, bereits geschädigten, Wetterquerschlags zum Schacht 2 auf der 700-m-Sohle bei. Auch der Schacht 2 selbst wird durch diese Maßnahme auf der 700-m-Sohle stabilisiert.
- Der unmittelbar südlich des Gleitbogenausbaus gelegene Teil des Wetterquerschlags zeigt an Stößen und Firste zunehmende Entfestigungserscheinungen. Hier sollte bedarfsweise eine Ertüchtigung der Streckenkontur bzw. Anpassungen am Wettertor vorgesehen werden, da diese Strecke den Hauptwetterweg für die Versorgung der 700-m-Sohle darstellt.
- Die im Bereich der Richtstrecke nach Osten im Firstniveau registrierten Verformungsraten sind vergleichsweise hoch und werden zunehmend zu weiteren Schädigungen der Konturbereiche führen. Bedarfsweise ist das Monitoring anzupassen und bei fortschreitender Entfestigung sind geeignete Sanierungsmaßnahmen vorzusehen.
- Die Wendelstrecke zeigt sich insbesondere am Südstoß im Umfeld der Zufahrt zum Blindschacht 2 bis in den Übergang zur Firste intensiv entfestigt. Hier ist die Erstellung von massiven, bis in die Zufahrtsstrecke reichenden, Stützmauern aus Sorelbeton zu empfehlen.
- Im Bedarfsfall sind Beraubearbeiten an den starke Abschalungen und Scherflächen aufweisenden Stößen im Einmündungsbereich des Querschlags zum Blindschacht 3 in die Vahlberger Strecke durchzuführen.
- Nach Beendigung der Erkundungsmaßnahmen für das Rückholungsbergwerk sowie nach Erstellung des geplanten Abdichtungsbauwerks im Querschlag zum Blindschacht 3 wird ein Rückzug aus dem, in einem intensiv geschädigten Umfeld gelegenen östlichen Abschnitt der Vahlberger Strecke, zunächst bis zur Verbindungsstrecke angeraten.
- Bei der finalen Erstellung des Standorts zum Anschluss der Bewirtschaftungsbohrungen in die Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle, westlich des Standorts der Lösungsleitung zur 800-m-Sohle, ist die lange vorgesehene Nutzungsdauer zu berücksichtigen. Daher sollten die aufgefahrenen Strecken, insbesondere im vorliegenden Carnallitit, mit möglichst kleinem Streckenquerschnitt bei optimaler Firstwölbung von mindestens 1/3 der Streckenbreite erstellt werden.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 119

- Wenn die im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen geplanten Betonagen abgeschlossen sind oder durch die Baustoffanlagen über Tage realisiert werden können, sollte sukzessive die Verfüllung des Standorts der 20BA bzw. aller nicht mehr benötigten Grubenräume erfolgen, um den restlichen noch zur längerfristigen Offenhaltung angedachten Infrastrukturräum auf der 700-m-Sohle zu stabilisieren.

## 4.5 Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau)

### 4.5.1 Standortbeschreibung

Die durch den nördlichen Bereich der Abbaue 1 bis 4 im jüngeren Steinsalz verlaufende Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle („Gleitbogenausbaustrecke“) dient der Fassung von aus dem Hangenden bzw. aus dem Versatz austretenden Lösungen, welche nicht auf der 658-m-Sohle aufgefangen wurden (Anhang 12.1 auf Blatt 332). Die Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle sowie die unterlagernde Schweben zur 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle weisen insgesamt intensive Entfestigungserscheinungen auf. So liegen im Bereich der Pfeiler zwischen den Abbauen in der „Gleitbogenausbaustrecke“ sowie im davon abgehenden Querschlag nach Norden zunehmende Schädigungen anhand intensiver Abschaltungen und Risse vor. Darüber hinaus werden fortlaufend in allen vier Abbauen unterschiedlich stark ausgeprägte Beeinträchtigungen des Gleitbogenausbaus durch die Verschiebungsbewegungen zwischen den Bogensegmenten auf der 725-m-Sohle registriert.

### Bergbauliche Situation

Die in der Südflanke im Jüngeren Steinsalz (Na3) gelegenen Abbaue 1 bis 9 auf der 725-m-Sohle wurden von 1924 bis 1927 aufgefahren. Von 1987 bis 1992 wurden die Abbaue 1 bis 4 (dargestellt in Anhang 12.1 auf Blatt 332) und die Abbaue 6 bis 9 mit Blasversatz verfüllt. Die Schweben zwischen Abbau 5/725 und den Abbauen 9 und 10/700 wurde 1961-1962 hereingewonnen und es erfolgte später ein Sturzversatz mit Eigensalz. Die Firstspaltbetonage der versetzten Abbaue 1 und 2/725 erfolgte 2016, die der Abbaue 6 bis 9/725 von 2011 bis 2013. Abbau 5/725 ist bis zur 700-m-Sohle versetzt. Die 2. südliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle wurde 2017 und der westliche Abschnitt der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen im Jahr 2018 mit Sorelbeton verfüllt.

Um Lösungen, die nicht über die Hauptauffangstelle gefasst werden, auffangen zu können und um der Migration von Lösungen in die Einlagerungskammern entgegenzuwirken, wurde auf der 725-m-Sohle eine durch die Abbaue 1/725 bis 4/725 verlaufende Strecke aufgefahren (Anhang 12.1 auf Blatt 332). Hierzu ist zunächst von Mitte - Ende 2002 westlich von Abbau 1 ein Querschlag in südwestliche Richtung erstellt worden. Von diesem Querschlag wurde von 2003 bis Mitte 2006 die Richtstrecke nach Westen bis etwa 10 m östlich des Blindschachts 2 im Sohlenniveau aufgefahren, von der die Abbaue 1 bis 4 am nördlichen Rand durchfahren werden. Von dieser Richtstrecke nach Westen geht auf Höhe des Pfeilers 3/4 der Querschlag nach Norden ab, welcher im Pfeiler zwischen ELK 7/725 (Na2) und Abbau 6/725 (Na2) im Sohlenniveau endet. Dort ist der Querschlag durch eine Fluchtbohrung mit der Zufahrtsstrecke zum Abbau 6/725 (Na2) verbunden.

Aufgrund der geringen Standfestigkeit des Versatzmaterials musste die ca. 280 m lange Richtstrecke nach Westen im Bereich der Abbaue jeweils durch einen Gleitbogenausbau und den Einbau von Flachhaken-Verbundmatten gesichert werden. Hieraus leitet sich die für diese Strecke gebräuchliche Bezeichnung „Gleitbogenausbaustrecke“ ab.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 120
---	------------

Um die von den überlagernden Sohlen durch den Versatz der Abbaue migrierenden Lösungen aufzufangen, wurde die Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle durch mit Schotter gefüllte Schräme drainiert, welche die Lösungen in Sümpfe ableiten, die im Bereich der Pfeiler 2/3 und 4/5 angeordnet sind (Katasterlokaltäten: P725010, P725004 und P725007). Weitere Probennahmestellen befinden sich im Bereich der Rolllöcher R1 und R2 (Katasterlokaltäten: L725005 und L725006), siehe Anhang 12.1 auf Blatt 332. Im Jahre 2012 erfolgte die Erstellung von am Südstoß der „Gleitbogenausbaustrecke“ in den Pfeilern 2/3 und 3/4 angesetzten Erkundungsbohrungen, in welchen Lösung aus den Sohlbereichen der verfüllten Abbaue 2 bis 4/725 gesammelt wird (Katasterstellen P725019 bis P725021).

Der im Osten der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle im Pfeiler 4/5 gelegene Blindschacht 2 wurde bereits 2008 von der 800- bis zur 750-m-Sohle und 2018 vom Firstniveau der 700-m-Sohle aus bis zur 750-m-Sohle mit Sorelbeton verfüllt. Eine ehemals im westlichen Abschnitt der „Gleitbogenausbaustrecke“ sowie im davon abgehenden Querschlag nach Norden verlaufende Radonlutte wurde rückgebaut, ebenso wie die vormals im Querschlag aufgestellten Speicherbecken. Im Zuge der Arbeiten im Pfeiler 4/5 wurde die Katasterstelle P725007 in westlicher Richtung versetzt. Im Februar 2018 wurde im Pfeiler 4/5 in einer Nische am Nordstoß eine parallel zum Blindschacht verlaufende Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle erstellt (Abbildung 4.44 auf Blatt 131).

Im Hangenden der „Gleitbogenausbaustrecke“, leicht nach Norden versetzt bzw. nördlich der Abbaue, verläuft die bis August 1987 gestoßene und Anfang der 1990er Jahre teilverfüllte Richtstrecke nach Westen im Firstniveau.

## Geologische Situation

Die geologische Situation im Monitoringbereich auf der 725-m-Sohle wird durch die Evaporitgesteine der Staßfurt- (Na<sub>2</sub>) und Leine-Folge (Na<sub>3</sub>) charakterisiert (Anhang 12.2 auf Blatt 333).

Die Abbaue an der Südflanke sowie die durch diese verlaufende „Gleitbogenausbaustrecke“ (Richtstrecke nach Westen) auf der 725-m-Sohle befinden sich im Liniensalz (Na<sub>3</sub>β) der Leine-Folge. Südlich der Abbaue steht das Staßfurthauptsalz (Na<sub>2</sub>β) an, unmittelbar nördlich der Gleitbogenstrecke erfolgt der Übergang zu den Schichten des Kaliflöz Staßfurt (K<sub>2</sub>C) (s. Anhang 12.2 auf Blatt 333).

So liegt der Einmündungsbereich des Querschlags nach Norden in die „Gleitbogenausbaustrecke“ noch im Liniensalz (Na<sub>3</sub>β). Wenige Meter nördlich ist die lithologische Grenze Na<sub>3</sub>β/K<sub>2</sub>C mit einem teilweise deutlichen Versatz (Trennfläche) ausgebildet (s. Abbildung 4.45 auf Blatt 132).

Im weiteren nördlichen Verlauf durchfährt der Querschlag gemäß Risswerk mehrere ins K<sub>2</sub>C eingeschaltete Schichten des Kieseritischen Übergangssalzes (Na<sub>2</sub>K) sowie des Polyhalitbänkchensalzes (Na<sub>2</sub>P) und endet im Speisesalz (Na<sub>2</sub>S).

## Gebirgsmechanische Situation

Durch die lange offene Standzeit des Grubengebäudes und der damit einhergehenden gebirgsmechanischen Einwirkungen sind diverse Schädigungen in den Pfeilern und im Konturbereich der „Gleitbogenausbaustrecke“ auf der 725-m-Sohle, insbesondere zwischen den Pfeilern 2/3 und 3/4, festzustellen. Des Weiteren sind dort Auflockerungserscheinungen durch geotechnische Messungen im Rahmen der Referenzstandorterkundung R4 [53], Georadarmessungen und die registrierte mikroseismische Aktivität in der Schwebe zwischen der 725- und 750-m-Sohle (Abschnitt 2.4.4.4 auf Blatt 40) belegt. Eine verstärkte Ausbildung der Schädigungen in der „Gleitbogenausbaustrecke“ ist im Bereich des Südstoßes sowie im Firstbereich der Pfeiler erkennbar, teilweise wurden Bereiche nachgeankert (Pfeiler

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 121

2/3) bzw. es erfolgte ein Konturnachschnitt (Pfeiler 3/4). Die Ausweitung der erkundeten Schädigungen und auftretenden Durchfeuchtungen in der „Gleitbogenausbaustrecke“ der 725-m-Sohle lassen einen fortschreitenden Integritätsverlust der Pfeiler und Schweben besorgen.

An den Profilstücken der einzelnen Gleitbögen zeigen sich fortgesetzte Verschiebungsbewegungen, welche auf eine gebirgsmechanische Beanspruchung bzw. den wirkenden Versatzdruck zurückgeführt werden. Damit einhergehend werden fortlaufende Verformungen und Schädigungen des Gleitbogenbaus registriert.

Auch der südliche Abschnitt des Querschlags nach Norden wies vor dem dort erfolgten Nachschnitt intensive Konturabschalungen auf. Der dortige Schichtübergang vom Liniensalz ( $\text{Na}_3\beta$ ) zum K2C ist als Bewegungsfläche ausgebildet und wurde geankert. Einzelne sich andeutende Löser im Firstbereich und im Übergang zu den Stößen wurden geraubt bzw. ebenfalls geankert. Der schmale östliche Pfeiler im Einmündungsbereich des Querschlags nach Norden in die „Gleitbogenausbaustrecke“ ist intensiv zerschert, wobei die Entfestigungserscheinungen 2017 weitgehend entfernt wurden, sich aber dort wieder zunehmend ausbilden.

## 4.5.2 Messergebnisse

### Beobachtung der Fissurometer und Rissmessstellen

Seit Anfang 2012 wird die Schädigungsentwicklung im Pfeiler 3/4 an zwei Rissen im Bereich des Südstoßes der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle („Gleitbogenausbaustrecke“), auf Höhe des abzweigenden Querschlags nach Norden, mittels der Fissurometer 010F und 011F aufgezeichnet (Anhang 12.2 auf Blatt 333).

Das westlich gelegene Fissurometer 010F zeigt seit der Instrumentierung einen relativ kontinuierlichen Verlauf der Verschiebungswerte. Im Zeitraum von Ende 2018 bis Ende 2019 sowie Ende 2019 bis Ende 2020 haben sich die Verschiebungswerte für die Öffnungsweite um je 1,1 mm erhöht, die Öffnungsweite beträgt Ende 2020 insgesamt 13,4 mm, was in der Größenordnung der Gesamtverschiebung von 14,2 mm liegt. Die Zunahme der Verschiebungswerte von Höhenversatz und Scherung liegen für 2020 mit max. 0,3 mm deutlich unterhalb der Werte für die Öffnungsweite und sind bislang weitgehend zu vernachlässigen. Die Gesamtverschiebungsrate für 2020 liegt mit 1,1 mm/a marginal unterhalb des Vorjahreswerts von 1,2 mm/a.

Für das weiter östlich gelegene Fissurometer 011F stellt sich ein ähnlich kontinuierlicher Verlauf der Verschiebungswerte dar. Im Zeitraum von Ende 2018 bis Ende 2019 hat sich der Verschiebungswert für die Öffnungsweite um 1,0 mm und von Ende 2019 bis Ende 2020 um 0,8 mm erhöht, auf zuletzt insgesamt 11,8 mm, was etwa der Gesamtverschiebung in diesem Zeitraum von 11,9 mm entspricht. Die Verschiebungswerte von Höhenversatz und Scherung nehmen in 2020 mit -0,1 mm bzw. -0,2 mm weiterhin ab und nähern sich dem Ausgangswert. Die Gesamtverschiebungsrate für Fissurometer 011F in 2020 liegt mit 0,7 mm/a unterhalb des Vorjahreswertes von 1,0 mm/a.

In der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle, im Bereich der zwischen den Abbauen gelegenen Pfeiler werden zunehmend Risse in der Firste und an den Stößen detektiert, deren Entwicklung seit Oktober 2014 dokumentiert wird. So wurden in den Pfeilern jeweils ein bzw. in Pfeiler 2/3 vier Beobachtungsbereiche von überwiegend an der Firste gelegenen Rissystemen eingerichtet. An den Rissen werden die Endpunkte markiert sowie eingerichtete Messpunkte etwa jährlich mit einem Risslineal gemessen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 122

Zum aktuellen Berichtsstand konnten bislang nur an den Beobachtungsbereichen 4 am Südstoß des Pfeilers 2/3 und am Nordstoß des Pfeilers 3/4 Rissmessungen mit dem Risslineal durchgeführt werden.

Im Beobachtungsbereich 4 am Südstoß des Pfeilers 2/3 konnten im April 2020 an fünf von sieben Rissen Öffnungsweiten von maximal 6,5 mm mit Aufweitungsraten von zwischen  $-1,0$  mm/a bis  $1,0$  mm/a gemessen werden. Relevante Rissverlängerung wurden nicht dokumentiert.

An den zwei Rissen am Nordstoß des Pfeilers 3/4 haben sich die Öffnungsweiten auf maximal 10 mm bei einer Aufweitungsrates von  $3,9$  mm/a vergrößert.

### Horizontale und vertikale Konvergenzmessstrecken

In der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle befinden sich im Pfeiler 1/2 an Messstelle K001 vertikale und horizontale Konvergenzmessstrecken sowie an Messstelle K020 im Pfeiler 2/3 eine horizontale Konvergenzmessstrecke, jeweils im Na<sub>3</sub>-Steinsalz. Im nördlich von der Richtstrecke abgehenden Querschlag nach Norden ist an Messstelle K15 derzeit eine horizontale Konvergenzmessstrecke im Carnallitit eingerichtet (Anhang 12.2 auf Blatt 333).

Die Ende Dezember 2020 in Bezug zur Vormessung ermittelten Konvergenzraten betragen für K001H  $6,9$  mm/a und für K001V  $7,2$  mm/a (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). Damit bewegen sich die Werte im Pfeiler 1/2 weiterhin etwa auf dem Niveau der seit 2013 erfassten Konvergenzraten, wobei die vertikale Konvergenzrate zur Vormessung Mitte des Jahres 2020 temporär deutlich absank, aber nachfolgend wieder auf Werte in der Bandbreite letzten Jahren angestiegen ist. Der Mittelwert der für 2020 an K001 ermittelten horizontalen Konvergenzraten liegen mit  $8,1$  mm/a etwas oberhalb des 2019 ermittelten Werts von  $7,2$  mm/a. Die für 2020 ermittelten vertikalen Konvergenzraten liegen im Mittel mit  $6,3$  mm/a deutlich unterhalb des Vorjahreswerts von  $9,1$  mm/a, bereits in den Vorjahren waren dort leicht rückläufige Konvergenzraten zu verzeichnen.

Für die Konvergenzmessstrecke K020H beträgt die Ende Dezember 2020 im Pfeiler 2/3 verzeichnete horizontale Konvergenzrate zur Vormessung  $14,8$  mm/a, Ende Dezember 2019 betrug die Konvergenzrate zur Vormessung  $15,3$  mm/a. Auch hier bewegen sich die Konvergenzraten seit 2013 in einem ähnlichen Bereich. Die Mittelwerte der für 2020 an K020 ermittelten horizontalen Konvergenzraten liegen mit  $15,0$  mm/a unterhalb des 2019 ermittelten Werts von  $15,4$  mm/a und setzen den bereits 2018 vorliegenden leicht abnehmenden Trend fort (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

An der Messstelle K15 im Querschlag nach Norden beträgt die Ende Dezember 2020 ermittelte horizontale Konvergenzrate zur Vormessung  $10,5$  mm/a (Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26), Anfang des Jahres wurden mit  $10,4$  mm/a vergleichbare Werte erfasst. Insgesamt liegen die dort seit 2013 ermittelten Konvergenzraten auf einem ähnlichen Niveau. Die Mittelwerte der für 2020 an K15 ermittelten horizontalen Konvergenzraten liegen mit  $10,6$  mm/a nur marginal oberhalb des 2019 ermittelten Werts von  $10,5$  mm/a.

### Verschiebungen im Gleitbogenausbau

Seit dem Jahr 2010 werden an den mit einem Gleitbogenausbau versehenen Streckenabschnitten im Bereich der Abbaue die einzelnen Ausbaubögen hinsichtlich der Verschiebungen ihrer Ausbauprofilsegmente beobachtet. Hierzu wurden Markierungen an den ineinander geschobenen vier Bogensegmenten angebracht, um die Verschiebungen der Segmente an den drei Überlappungsbereichen (jeweils an Nordstoß, Firste und Südstoß) erfassen zu können.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 123

Zum aktuellen Berichtsstand liegen keine neuen Verschiebungsmessungen und Zustandsaufnahmen an den Gleitbogensegmenten vor. Es kann aber aufgrund der visuellen Einschätzung diverser mikro-seismischer Ereignisse unmittelbar im Bereich der Gleitbogenausbaue sowie mehrfach von Mitarbeitern wahrgenommener schlagartiger Geräusche in der Gleitbogenstrecke auch im Jahr 2020 von einer Zunahme der Schädigungen ausgegangen werden.

### Salzlösungsmonitoring

Vom vierten Quartal 2017 zum Ende des ersten Quartals 2018 war auf der 725-m-Sohle ein kontinuierlicher Anstieg der Fassungsraten von etwa 280 L/d auf knapp 600 L/d zu verzeichnen (Abbildung 5.3 auf Blatt 163). Die mittlere Fassungsrate auf der 725-m-Sohle beträgt für 2020 605 L/d und liegt damit oberhalb des Vorjahreswerts von 579 L/d aber insgesamt auf dem Niveau der letzten Jahre.

Der weit überwiegende Anteil davon wird in einem Sohlenschram gefasst und durch ein leichtes Gefälle in den Sumpf im Pfeiler 2/3 (Katasterstelle P725004) geleitet (Abbildung 4.37 auf Blatt 126). Dort wurde am Nordstoß des Pfeilers 2/3 im Jahr 2020 Lösung mit einer mittleren Fassungsrate von 578 L/d aufgefangen. Die Fassungsraten der übrigen Abbaureihen bzw. Rolllöcher auf der 725-m-Sohle bewegen sich weiterhin auf einem vergleichsweise deutlich niedrigeren Niveau (Abbildung 5.3 auf Blatt 163).

### Mikroseismik

Im Bereich der Sohle zwischen Abbau 4/725 und ELK 4/750 bzw. nördlich ELK 4/750 ist seit 2010 eine erhöhte mikro-seismische Aktivität festzustellen, welche bis 2019 kontinuierlich abgesunken ist. In 2020 ist ein schwankender Verlauf der Aktivität mit einer zuletzt temporären Zunahme zu verzeichnen. Die mikro-seismischen Aktivitäten, welche auf die 2018 erfolgte Verfüllung der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle zurückgeführt werden, sind 2020 deutlich zurückgegangen (Abschnitt 2.4.4.4 auf Blatt 40).

### Visuelle Kontrolle der Richtstrecke nach Westen und des Querschlags nach Norden auf der 725-m-Sohle

Der Gleitbogenausbau im Bereich des Abbaus 1, welcher unmittelbar von dem nach Süden verlaufenden Querschlag abgeht, zeigt weiterhin keine Tropfstellen. Die dort vorliegenden Schädigungen im Bereich der Verzugmatten haben augenscheinlich nur geringfügig zugenommen (Abbildung 4.35), wobei im Laufe des Jahres 2020 mehrfach mikro-seismische Ereignisse im Umfeld des Abbaus registriert wurden.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 124



Abbildung 4.35: Gleitbogenausbau im Abbau 1/725 mit Schädigungen der Verzugsmatten sowie einhergehendem Austritt von Hinterfüllungsmaterial im Firstbereich der Gleitbögen 16 und 17, Blick nach Osten, 05.01.2021

Im östlich anschließenden Pfeiler 1/2 befindet sich das Rollloch R1 (Katasterstelle L725005), welches Anfang 2018 nachgeschnitten wurde. Danach folgt im Streckenverlauf die Gleitbogenausbaustrecke im Abbau 2 mit bislang nur moderaten Schädigungen an den Verzugmatten. In diesem Streckenbereich liegen im zentralen Abschnitt Tropfstellen mit überwiegend korallenförmigen bzw. im östlichen Teil mit zusätzlich stalaktitenförmigen Salzausfällungen vor (Abbildung 4.36), welche aber geringfügig kleiner ausgebildet sind als im Vorjahr. Im Bereich der Tropfstellen zeigen sich auch auf dem zum Auffangen und Führen der Lösungen im Fahrweg gelegenen schottergefüllten Schram krustige Salzausfällungen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 125



*Abbildung 4.36: Gleitbogenausbau in Abbau 2 mit korallen- und stalaktitenförmigen Salzausfällungen sowie Kristallinat auf der Schottersohle im östlichen Übergang zum Pfeiler 2/3, Blick nach Osten, 06.01.2021*

Weiter östlich, im Bereich des Pfeilers 2/3, wurde ein durch Risse entfestigter Überhang an der Firse durch 14 Anker von 2 m Länge gesichert.

Am Nordstoß, nahe des Schichtübergangs vom Na3-Liniensalz zum K2C, ist die Katasterstelle P725004 gelegen, wobei der Stoß auf Höhe der Katasterstelle (Sumpf) deutliche Abschalungen aufweist, welche visuell keine relevante Zunahme der Aufweitungen im Vergleich zum letzten Berichtsstand erkennen lassen (Abbildung 4.37).



Abbildung 4.37: Katasterstelle P725004 in Pfeiler 2/3 mit Abschalungen am Nordstoß, Blick nach Norden, 06.01.2021

Der Gleitbogenausbau in Abbau 3 weist insbesondere im westlichen und zentralen Bereich Tropfstellen mit korallen- und stalaktitenförmigen Salzausfällungen auf (Abbildung 4.38).



Abbildung 4.38: Planen auf der Sohle zum Auffangen von Lösung im zentralen Bereich des Gleitbogenausbaus in Abbau 3 mit aktiven korallen- und stalaktitenförmigen Salzausfällungen, Blick nach Osten, 06.01.2021

An den Randbereichen dieses Gleitbogenausbaus, insbesondere im östlichen Abschnitt, treten stärkere Verschiebungen und damit einhergehende Schädigungen auf. Dort sind Abstandshalter (Verbolzungen)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 127
---	------------

gerissen und es wird lokal an den verstärkt aufgeplatzten Gewebelagen zunehmend Material der Gleitbogenhinterfüllung freigelegt (Abbildung 4.39).

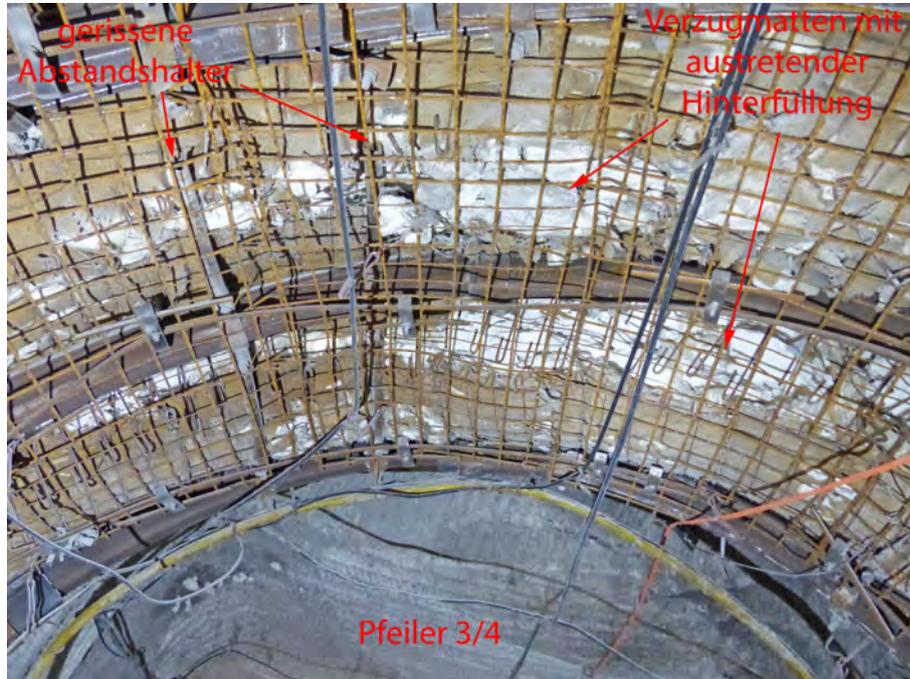


Abbildung 4.39: Abgerissene Abstandshalter und austretende Hinterfüllung im Firstbereich des Gleitbogenausbaus, Blick nach Osten, 06.01.2021

Der Pfeiler 3/4 weist im Bereich des Südstoßes intensive Vertikalrisse sowie Salzausfällungen auf, im westlichen Abschnitt des Südstoßes sind an zwei Vertikalrisse die Fissurometer 010F und 011F installiert (Abbildung 4.40). In der dort angesetzten Bohrung der Katasterstelle P750020 können geöffnete Risse bis in etwa 2 m Bohrlochteufe verfolgt werden.

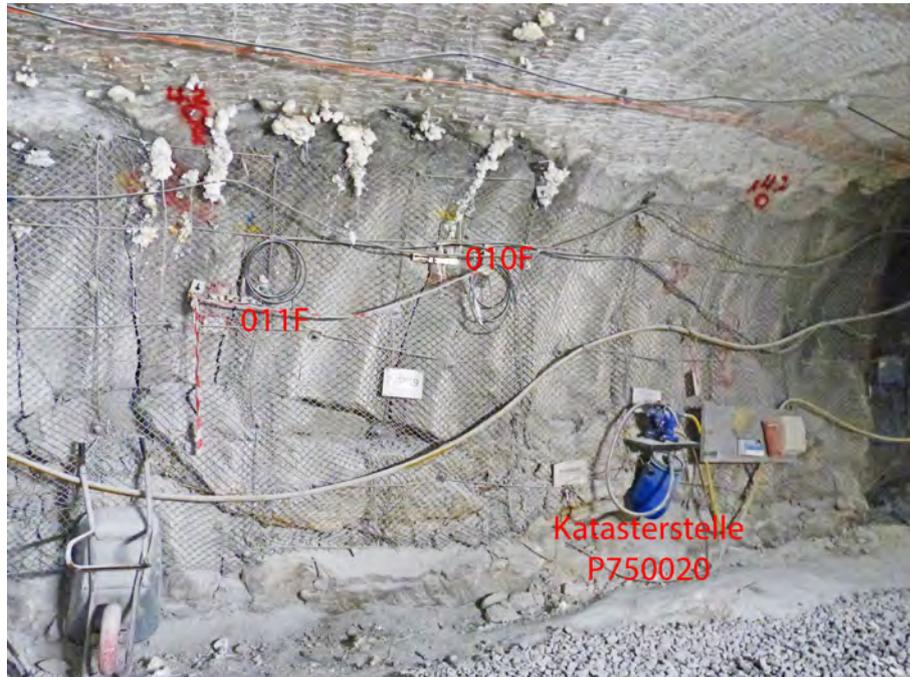


Abbildung 4.40: Südstoß im Westen des Pfeilers 3/4 mit durch die Fissurometer 010F und 011F überwachten Vertikalrissen sowie korallen- blumenkohlförmigen Salzausfällungen, Blick nach Süden, 06.01.2021

Im östlichen Abschnitt des durch Maschendrahtverzug und Systemankerung gesicherten Südstoßes von Pfeiler 3/4, im Übergang zum Abbau 4/725, weisen die Vertikalrisse Öffnungsweiten bis in den dm-Bereich auf (Abbildung 4.41).

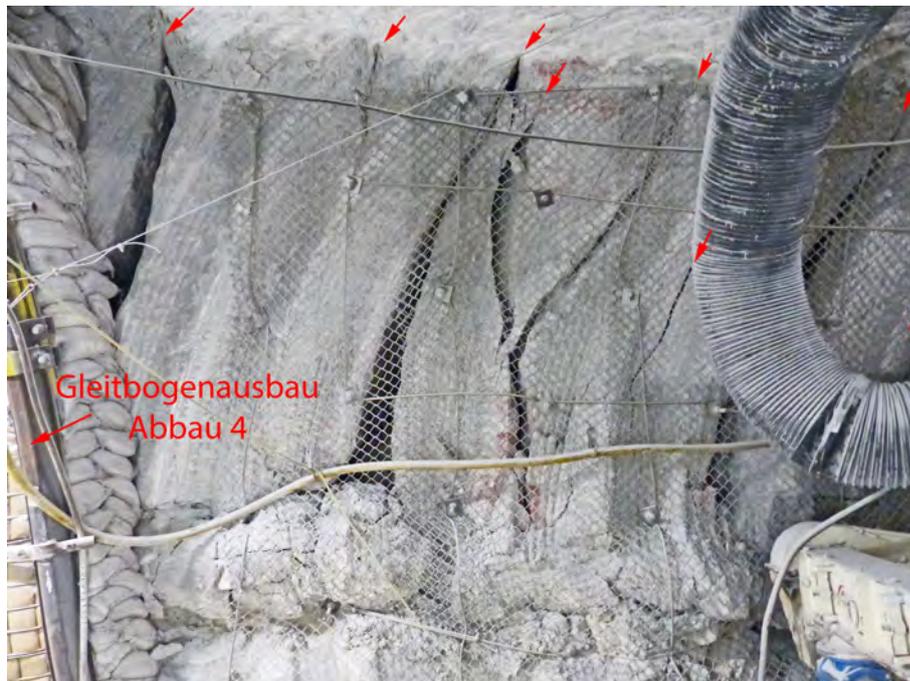


Abbildung 4.41: Stark entfestigter Südstoß im Osten des Pfeilers 3/4 mit signifikant aufgeweiteten Vertikalrissen im Übergang zum Gleitbogensausbau des Abbaus 4/725, Blick nach Süden, 06.01.2021

Ende 2017 wurde dort nach Rückbau der zum Querschlag nach Norden verlaufenden Radonlutte die Firne nachgeschnitten, in diesem Abschnitt sind mehrere Lösungsaustrittsstellen ausgebildet,

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 129

welche der Katasterstelle des Rolllochs 2 (P725006) zugeordnet werden. Insbesondere im Umfeld der sanierten Fassungsstelle im Bereich des Rolllochs R2 liegen stalaktitenförmige Salzausfällungen vor (Abbildung 4.42).

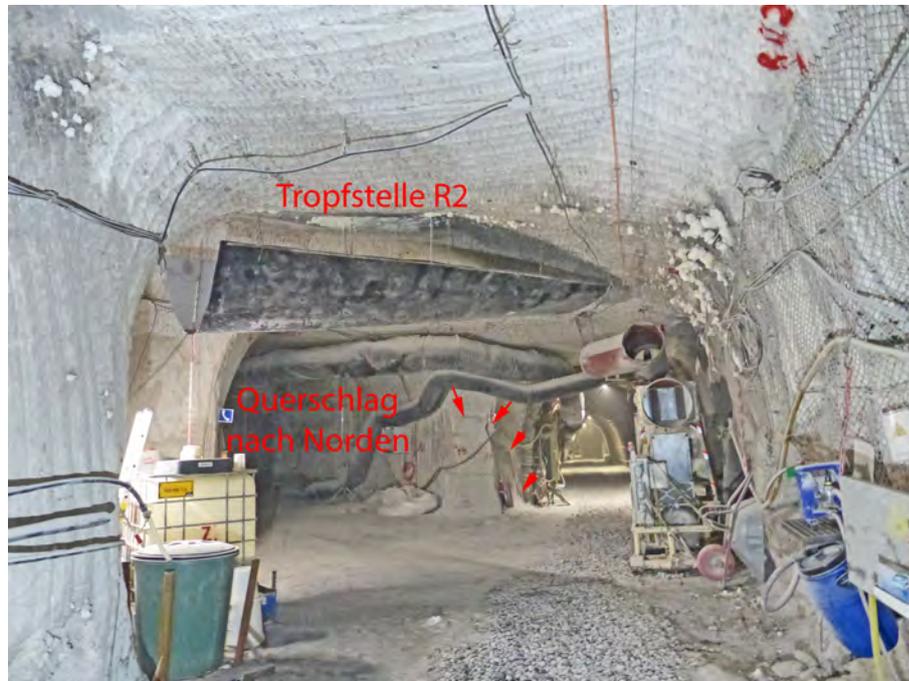


Abbildung 4.42: Nachschnitt nördlich Pfeiler 3/4 mit Tropfstelle am Rollloch R2 und dem fortschreitend entfestigten Pfeiler zwischen Nordstoß der Richtstrecke nach Westen (rechts im Bild) und dem Querschlag nach Norden, Blick nach Nordosten, 06.01.2021

Die bei einem Konturnachschnitt weitgehend entfernten Risse und Abschalungen, im schmalen Pfeiler zwischen dem Querschlag nach Norden und dem Nordstoß der Richtstrecke zum Abbau 4/725, bilden sich aufgrund der weiterhin vorliegenden gebirgsmechanischen Beanspruchungen wieder aus (Abbildung 4.43). Die beim Nachschnitt weitgehend entfernten Risse in der Firste des Pfeilers sind nicht mehr erkennbar.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 130



Abbildung 4.43: Im Pfeiler zwischen Nordstoß der Richtstrecke nach Westen und dem Querschlag nach Norden bilden sich im Übergang zum Abbau 4 zunehmend Risse und Scherflächen aus - der Gleitbogenausbau im Abbau 4 weist intensive Verformungen auf, Blick nach Osten, 06.01.2021

Der Gleitbogenausbau in Abbau 4 zeigt die intensivsten Verschiebungen und damit einhergehende Schädigungen, u. a. in Form diverser abgerissener Abstandshalter und signifikanter Deformationen der Gleitbögen (Abbildung 4.43). Tropfstellen liegen in diesem Abschnitt weiterhin nicht vor.

Im Bereich des Pfeilers 4/5 liegt auch der Blindschacht 2, welcher im Vorfeld seiner Verfüllung durch eine L-förmige Schalungswand abgemauert wurde (Abbildung 4.44). In einer gegenüber am Nordstoß gelegenen Nische wurde Anfang 2018 eine Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle gestoßen, dort deuten sich an konturnahen Horizontalrissen potentielle Abschalungen an.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 131



Abbildung 4.44: Nachgeschnittener Pfeiler 4/5, östlich des Lösungssumpfs (P725007) mit abgemauertem verfüllten Blindschacht 2 sowie nördlich davon in einer Nische verlaufende Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle, Blick nach Osten, 06.01.2021

Der Querschlag nach Norden geht im Pfeiler 3/4 von der Richtstrecke nach Westen ab und verläuft nördlich bis auf Höhe des Pfeilers zwischen Abbau 6/725 (Na2) und ELK 7/725 (Na2). Auch im Querschlag erfolgte im südlichen Abschnitt ein Nachschnitt im Bereich der zuvor durch intensive Abschalungen entfestigten Streckenkontur sowie ein Rückbau der dort befindlichen Radonlutte und der Einrichtungen des Lösungsmanagements.

Im Einmündungsbereich befindet sich die als Bewegungsfläche ausgebildete Schichtgrenze Na3β/K2C, welche durch Anker gesichert wurde. Auf dieser Höhe befindet sich auch der östlich abgehende und intensiv entfestigte ehemalige Zugang zu Abbau 4/725 im Firstniveau, welcher Anfang 2018 mit Sorelbeton verfüllt wurde (Abbildung 4.45).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 132

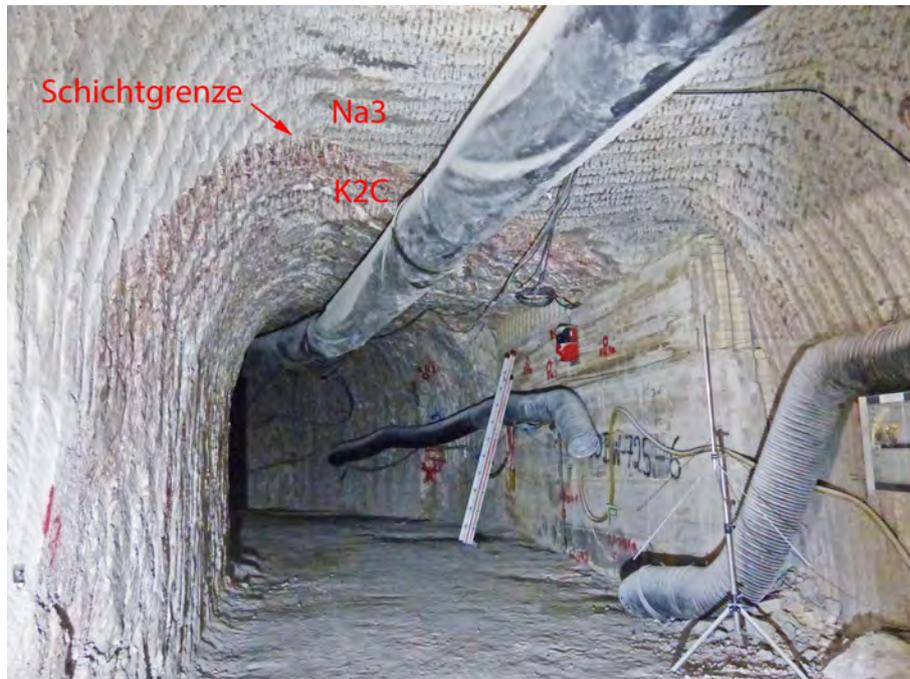


Abbildung 4.45: Geankerte Schichtgrenze Na3 $\beta$ /K2C und verfüllter Zugang zu Abbau 4/725 im südlichen Abschnitt des Querschlags nach Norden, Blick nach Nordosten, 06.01.2021

Im weiter nördlich gelegenen Abschnitt des Querschlags weist die Streckenkontur Abschaltungen und Risse an den Stößen und Firse auf, lokal erfolgten dort 2020 händische Beraubungen (Abbildung 4.46).



Abbildung 4.46: Nördlicher Abschnitt des Querschlags nach Norden mit der zur Fluchtbohrung verlaufenden Radonlutte und geschädigtem Weststoß, Blick nach Norden, 06.01.2021

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 133

### 4.5.3 Fazit

Insgesamt zeigen sich fortschreitende Entfestigungen der Richtstrecke nach Westen und des Querschlags nach Norden auf der 725-m-Sohle, wobei sich 2020 anhand der Rissmessungen und Konvergenzmessungen wie im Vorjahr eine stagnierende bis leicht abgeschwächte Zunahme der Schädigungsgeschwindigkeit abzeichnet. Auch die Verschiebungen und Schädigungen in den Gleitbogenausbauen setzen sich augenscheinlich fort, mehrfach wurden von Mitarbeitern vor Ort deutlich schlagende Geräusche in den starkem Druck ausgesetzten Gleitbogenausbauen wahrgenommen. Die Fassungsraten der in der „Gleitbogenausbaustrecke“ aufgefangenen Lösungen liegen noch auf dem seit März 2018 vorliegendem Niveau, sind aber leicht angestiegen. Die dort noch erhöhte mikroseismische Aktivität ist weiterhin rückläufig, was in Zusammenhang mit den 2017 und 2018 umgesetzten Verfüllmaßnahmen im Bereich der unterlagernden 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle stehen kann. Zuletzt registrierte temporäre Zunahmen sowie die insgesamt erhöhte Aktivität deuten für 2020 auf eine fortgesetzte Entfestigung hin.

Derzeit ist die Gebrauchstauglichkeit im Bereich der Richtstrecke nach Westen („Gleitbogenausbaustrecke“) und des Querschlags nach Norden auf der 725-m-Sohle gegeben. Aufgrund der jedoch weiterhin fortschreitenden Schädigungen wird Folgendes empfohlen:

- Generell sollte eine Sanierung des Fassungssystems in der gesamten Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle erfolgen, um einer Verlagerung der NaCl-dominierten Lösungen (mit hohem Lösungspotential gegenüber dem Kalisalz) zur nördlich liegenden Trennfläche Steinsalz/Carnallit zu begegnen.
- Im Zuge der Sanierung der Fassungsstellen sollten diese, nach Abbaureihen getrennt, jeweils in den Pfeilern 2/3 und 3/4 so ausgebaut werden, dass nach einer späteren Streckenverfüllung das Lösungsmonitoring von der Wendelstrecke auf dem Niveau der 679-m-Sohle aus erfolgen kann.
- Aufgrund der kontinuierlich zunehmenden Entfestigungen im Bereich der Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle sollte eine zügige Verfüllung dieser Strecke, des Querschlags nach Norden sowie grundsätzlich aller nicht mehr benötigten Gruben- bzw. Resthohlräume im Umfeld erfolgen. Nach der bereits erfolgten Verfüllung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle würde dies in der Gesamtheit die Stabilisierung dieses Bereichs forcieren und die fortschreitende Schädigung abbremsen. Zudem kann so einer weiteren Aktivierung von potentiellen Migrationspfaden in Richtung der ELK entgegengewirkt werden.
- Nach Umsetzung der geplanten Verlagerung des Radonbohrung-1-Systems sowie nach Abschluss aller vom entfestigten Querschlag nach Norden zu erstellenden Erkundungsbohrungen sollte dieser durch die vorgesehene Erstellung einer Strömungsbarriere verfüllt werden.
- Da im Zuge der Umsetzung der Notfallplanung ein Rückzug zur 700-m-Sohle erfolgen wird, sollten die derzeit in der Gleitbogenausbaustrecke gefassten Lösungen möglichst bereits im Niveau der 679-m-Sohle gefasst werden. Daher sollte die Verbesserung der Lösungsfassung bzw. Lösungskanalisation im Hangenden sowie die Sanierung der Hauptauffangstelle in Abbau 3/658 vorangetrieben werden.
- Zur weiteren Stabilisierung ist auch eine Firstspaltverfüllung von Abbau 3/725 zu empfehlen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 134

## 4.6 Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle

### 4.6.1 Standortbeschreibung

Das 1908 aufgefahrene Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle erstreckt sich bei mittleren Firsthöhen zwischen 3 und 5 m über eine Fläche von etwa 750 m<sup>2</sup> im Bereich von Speisesalz (Na<sub>2</sub>S) und Polyhalitbänkchensalz (Na<sub>2</sub>P) – Wechsellagerungen der Staßfurtfolge.

Zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle wird seit 2012 ein Monitoringprogramm [54] durchgeführt, welches neben einer visuellen Kontrolle auch die Überwachung von Firstkontrollbohrungen, Rissmessstellen und Konvergenzmessstrecken sowie ein Firstnivelement beinhaltet. Seit 2013 wird der Bereich des Schachts 2 von der Füllortbühne auf der 750-m-Sohle bis zur unterhalb gelegenen Buchholzbühne in das Monitoring einbezogen. Ab 2015 wird das nordwestlich anschließende Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle in das Monitoring integriert.

Auf Grundlage der Monitoringergebnisse wurden bereits diverse Verfüll- bzw. Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt. Von 2013 bis 2014 erfolgten umfangreiche Verfüllmaßnahmen bzw. die Erstellung von Stützbauwerken im Bereich einer östlich gelegenen Nische, an der nördlichen Pfeilerumfahrung, am westlichen Füllort sowie zwischen den südlichen Pfeilern unmittelbar am Schacht 2. Anschließend wurde 2015 der vom Füllort Schacht 2 abgehende Hauptquerschlag nach Norden mit Sorelbeton verfüllt. In 2016 erfolgte ein Nachschnitt der geschädigten Stöße im südlichen Bereich des Füllorts Schacht 2. Dabei wurden vorhandene Gipsmarken und Risse entfernt und die Stöße beidseitig mit Sorelbetonstützmauern unterschiedlicher Ausdehnung stabilisiert. Bis Ende 2017 erfolgten durch den Einbau von Mörtelinjektionsankern sowie die Erstellung von Stützmauern umfangreiche Sanierungsarbeiten am geschädigten südöstlichen Pfeiler des Schachts 2.

Am Füllort von Schacht 4 auf der 750-m-Sohle sind von August 2015 bis Februar 2016 sukzessive umfangreiche Stützbauwerke am West- und Oststoß erstellt worden, welche in die nördliche Richtstrecke nach Westen eingebunden sind. Ende 2019 wurde die geschädigte Betonsohle des Zugangs zum Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle durch Verbundpflastersteine ersetzt.

Der bis zum Füllort Schacht 4 reichende Übergangsbereich des Füllorts Schacht 2 zur nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, wurde 2018 lokal kleinräumig geankert und wird fortlaufend beraubt.

### 4.6.2 Messergebnisse

#### Firstkontrollen mittels Bohrlochkamera

Die aktuell zur Bewertung der Firstsicherheit genutzten Firstkontrollbohrungen FKBrG. 750-1, FKBrG. 750-4, FKBrG. 750-14 und FKBrG. 750-61 in Richtung der östlichen und westlichen Richtstrecken wurden zuletzt am 04.02.2021 inspiziert. Die FKBrG. 750-34 und FKBrG. 750-35 im Bereich des Füllorts Schacht 4 auf der 750-m-Sohle wurden zuletzt am 07.09.2020 inspiziert (s. Anhang 10.1, Bild 67 auf Blatt 322).

An FKBrG. 750-01 und FKBrG. 750-04 im östlichen Füllortbereich wurden bislang keine offenen Risse festgestellt. Die Bohrlochkontur ist teils leicht rau ausgebildet, was auf eine geringfügige gebirgsmechanische Beanspruchung hindeuten kann bzw. abschnittsweise auf Spuren des Bohrvorgangs zurückzuführen ist. In FKBrG. 750-01 deutet sich anhand von partiellen Bohrmehlanhaftungen eine leicht feuchte Bohrlochkontur an (s. Anhang 10.2, Bild 69 auf Blatt 323). Bei FKBrG. 750-04 liegen lokal

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 135
---	------------

begrenzte Salzausblühungen als Hinweis auf Feuchtigkeit vor (s. Anhang 10.2, Bild 70 auf Blatt 323). Auch in der Kontur von FKBrG. 750-61, südöstlich des verfüllten Hauptquerschlags nach Norden, wurden bei der letzten Inspektion beginnende kleinräumige Salzausblühungen erkannt (s. Anhang 10.2, Bild 72 auf Blatt 323), Entfestigungserscheinungen liegen nicht vor.

Im Übergang zur nördlichen Richtstrecken nach Westen auf der 750-m-Sohle deuten sich in FKBrG. 750-14 im Bereich von 0,2 m vereinzelte Haarrisse an, welche keine deutliche Vergrößerung der Öffnungsweite zeigen, aber zunehmend rundum verlaufen (s. Anhang 10.2, Bild 71 auf Blatt 323). Diverse kleinere Konturausbrüche ab ca. 2,1 m sind auf den Bohrvorgang zurückzuführen. Zwischen 3,8 m bis 5,0 m Bohrlochteufe liegt eine Kalisalzumschaltung vor. In diesem Bereich, mit feuchter Bohrlochkontur, zeichnen sich vereinzelt beginnende Salzausblühungen ab.

In der aufgelockerten Firste im Zugangsbereich zum Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle, westlich des inneren Wettertores, wurde in der Firstkontrollbohrung FKBrG. 750-34 bis etwa 2,0 m eine deutlich beanspruchte Bohrlochkontur detektiert. Dort sind neben diversen angedeuteten Rissbildungen bei 0,1 m ein rundum laufender Riss mit einer Öffnungsweite von etwa 0,5 mm bis 3 mm (s. Anhang 10.2, Bild 73 auf Blatt 323) sowie bei 0,4 m und 0,9 m Teufe beginnende Rissöffnungen erkennbar.

Weiter westlich im Zugang des Füllorts Schacht 4, unmittelbar vor dem großen geschädigten Überhang zur Schachtröhre, zeigen sich in Firstkontrollbohrung FKBrG. 750-35 diverse Konturausbrüche. Bei etwa 0,6 m sowie 2,2 m Teufe sind rissförmige Konturausbrüche in der stark mit Bohrmehl maskierten Bohrung erkennbar (s. Anhang 10.2, Bild 74 auf Blatt 323).

### Beobachtung der Rissmessstellen

Bei 2016 durchgeführten Nachschnitтарbeiten wurden die am südöstlichen Füllortstoß im Übergang zum Hauptquerschlag nach Süden vorhandene Risse entfernt, wobei dort seit Anfang 2017 wieder einzelne Risse am Stoß registriert werden. Diese Risse ziehen sich vollständig von der Sohle durch den mit Beton verfüllten ehemaligen Luttenkanal und teilweise bis ins anstehende Salz oberhalb der Betonelemente. Die Risse weisen am 09.02.2021 Öffnungsweiten von 0,6 mm bis zu ca. 3,0 mm auf. Demnach zeigt sich eine Fortsetzung der zuletzt leicht progressiven Rissaufweitung auf vergleichbarem Niveau. Auch die maximale Rissöffnungsrate für den Zeitraum zwischen Februar 2020 und Februar 2021 mit 0,5 mm/a sowie die maximale Rissverlängerung in diesem Zeitraum von 15 cm liegen etwa auf Vorjahresniveau. Insgesamt wurden etwa 11 neue Rissstrukturen in diesem Stoßabschnitt verzeichnet.

Gegenüberliegend werden am Nordweststoß der östlichen Füllortumfahrung auch Risse im Sorelbeton-Stützbauwerk der westlichen Teilverfüllung des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle beobachtet. Dort ist am 09.02.2021 eine fortgesetzte deutliche Rissaufweitung mit Öffnungsweiten bis zu max. 10,5 mm zu erkennen. Die maximale Rissöffnungsrate beträgt zwischen Februar 2020 und Februar 2021 2,5 mm/a. In diesem Zeitraum beträgt die maximale Rissverlängerung 30 cm, es wurden mindestens sieben neue Rissstrukturen erkannt.

Auch in der Fußfahrgang vom Füllort Schacht 2 durch den Wetter- und Fahrgang innerhalb des Stützbauwerks der westlichen Teilverfüllung werden seit 2017 Risse aufgenommen, welche teils schon während des Abbindeprozesses vom Sorelbeton aufgetreten sind. Die aufgenommenen Risse weisen am 09.02.2021 Öffnungsweiten von 1,3 mm bis zu ca. 9,5 mm auf bei überwiegend progressiven Raten zwischen Februar 2020 und Februar 2021 von maximal 2,5 mm/a und Rissverlängerungen von 2 cm bis 6 cm. Es wurde ein neuer Riss in der Fahrgang durch das Stützbauwerk dokumentiert, teilweise mit Mörtel verputzte Risse haben sich wieder geöffnet.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 136

Am Weststoß der westlichen Füllortumfahrung, gegenüber des Stützbauwerks der westlichen Teilverfüllung, wurden im Februar 2021 im Bereich des Übergangs in die nördliche Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle fünf Risse im anstehenden Salz aufgenommen und zwei Messstellen eingerichtet. Dort wurden am 09.02.2021 Öffnungsweiten von 2,0 mm bis zu ca. 3,5 mm registriert.

Seit September 2017 werden vertikale Risse im Steinsalz des westlichen Pfeilers am Abzweig der westlichen Füllortumfahrung Schacht 2 auf der 750-m-Sohle von der Wendelstrecke gemessen. Die dortigen Risse zeigen am 09.02.2021 Öffnungsweiten von maximal ca. 6 mm bei leicht progressiven Raten von 1,0 mm/a und Rissverlängerungen zwischen 3 cm bis 6 cm im Zeitraum von Februar 2020 bis Februar 2021. Südlich davon mündet die von der 725-m-Sohle kommende Wendelstrecke in den Hauptquerschlag nach Süden auf der 750-m-Sohle. Dort werden seit März 2018 Risse in Sorelbetonstützmauern an den Stößen gemessen, deren Entwicklung am 10.02.2021 mit maximal ca. 2,5 mm Öffnungsweite bei Raten von maximal 0,5 mm/a im Zeitraum von Februar 2020 bis Februar 2021 weiterhin eher stagniert.

Seit 2017 werden Risse in den zur Stabilisierung des Füllorts Schacht 4 auf der 750-m-Sohle errichteten Stützbauwerken gemessen, welche zu großen Teilen bereits während des Abbindeprozesses vom Sorelbeton aufgetreten sind. Die Öffnungsweiten der Risse betragen am 09.02.2021 von 0,7 mm bis zu ca. 23 mm. Die Rissöffnungsraten verlaufen im Zeitraum von Februar 2020 bis Februar 2021 weiterhin überwiegend leicht bis deutlich progressiv und weisen neben wenigen eher stagnierenden Werten auch maximale Raten von bis zu 4,9 mm/a auf. Vereinzelt wurden Versatzbewegungen von bis zu 4,0 mm und Rissverlängerungen bis zu 30 cm erfasst. Risse in der Sohle werden seit dem Einbau von Verbundpflaster nicht mehr dokumentiert.

Eine in den Vorjahren an den Pfeilern von Schacht 2 durchgeführte Rissüberwachung belegte überwiegend eine stufenweise Entwicklung der Rissöffnungsweite mit einer Abhängigkeit der Rissentwicklung von einem Jahresgang, wobei die dortigen Messpunkte weitgehend sukzessive nach Stabilisierungsmaßnahmen entfallen sind.

So wird nur noch die Messstelle MS4 weiterhin gemessen, welche an der fragmentierten und sich vom Pfeiler ablösenden Betonwand auf der Nordseite des südöstlichen Pfeilers eingerichtet ist (s. Anhang 10.3 auf Blatt 324), diese unterliegt aber keinem ausgeprägten Jahresgang. Vielmehr stagniert die dort registrierte Rissöffnungsweite nach umfassender Sanierung der Mauer seit Ende 2017 relativ kontinuierlich in einem Bereich zwischen 2,7 mm bis 3,1 mm über dem Ausgangswert, zeigte jedoch im Mai und Juni 2020 zweimalig Öffnungsweiten von 3,4 mm. Am 17.12.2020 beträgt die gemessene Rissöffnungsweite ca. 2,9 mm, was dem Niveau Anfang 2020 entspricht.

An den Vertikalrissen am Stoß des Übergangs Hauptquerschlag nach Süden / Wendelstrecke Richtung 725-m-Sohle, wurde Ende Februar 2016 das Fissurometer 049F eingerichtet (s. Anhang 10.1, Bild 67 auf Blatt 322). Für 2019 wurde noch eine Gesamtverschiebungsrates von 0,8 mm/a verzeichnet, diese sinkt 2020 geringfügig auf 0,7 mm/a ab. Während die Rate der Öffnungsweite 2020 von 0,5 mm/a deutlich auf 0,9 mm/a zunimmt, werden für Höhenversatz und die Scherung im gleichen Zeitraum jedoch abnehmende bzw. stagnierende Raten ermittelt. Die Vertikalrisse zeigten seit 2014 überwiegend jährliche Verlängerungen im Bereich von mehreren Zentimetern bis in den Dezimeterbereich und haben sich 2020 nur marginal verlängert.

Darüber hinaus wurde im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten am Nordstoß, gegenüber der verfüllten Nische im östlichen Füllortabschnitt, 2016 das Fissurometer 047F an einem Vertikalriss eingerichtet (s. Anhang 10.1, Bild 67 auf Blatt 322). Nach einer von Ende 2019 bis Mitte August 2020 reichenden Stagnationsphase mit Rissöffnungsweiten von 2,9 mm bis 3,0 mm steigt die Öffnungsweite bis Ende 2020 auf etwa 3,5 mm mit einer Rate von ca. 1,4 mm/a an, was geringfügig oberhalb der Vorjahresentwicklung liegt. Die Gesamtverschiebung entspricht weiterhin weitgehend der Öffnungsweite,

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 137

die Verschiebungsbewegungen von Höhenversatz und die Scherung haben sich 2020 nur geringfügig vergrößert und sind somit weiterhin untergeordnet. Die Rissenden der Vertikalrisse, welche seit Beobachtungsbeginn 2014 überwiegend jährliche Verlängerungen im Dezimeterbereich aufwiesen, haben sich in 2020 nur unwesentlich verlängert.

Ende Oktober 2016 wurde im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, östlich von Füllort Schacht 4/750, das Fissurometer 048F an einem Riss in der Firste instrumentiert (s. Anhang 10.1, Bild 67 auf Blatt 322).

Nachdem die Entwicklung der Messwerte für 2019 durch technische Probleme nur stark eingeschränkt zu beurteilen waren, zeigt sich für 2020 weiterhin ein zunehmender Höhenversatz-Verschiebungsbetrag mit einer Rate von 0,7 mm/a und zuletzt abflachender Tendenz. Der Höhenversatz entspricht ungefähr der Gesamtverschiebung und liegt geringfügig unterhalb der Vorjahresrate. Die Raten für Scherung und Öffnungsweite liegen, entsprechend der Vorjahre, mit jeweils etwa 0,2 mm/a deutlich darunter.

Im Rahmen der westlichen Teilverfüllung wurde eine an einem Riss in der Spritzbetonbefestigung am südöstlichen Füllortpfeiler installierte Gipsmarke abgeworfen. Da sich dieser Riss auch nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen weiterhin verschiebt, wurde dort Ende August 2017 das Fissurometer 053F installiert (s. Anhang 10.1, Bild 67 auf Blatt 322). Nachdem von November 2019 bis Anfang April 2020 eher stagnierende Werte für die Rissöffnungsweite und die Scherung von etwa 8 mm bzw. 9 mm vorlagen, schließt sich dort bis Ende September 2020 wieder eine progressive Phase an. So steigen die Öffnungsweite bis zum 29.09.2020 auf etwa 10,4 mm mit einer Rate von 5,2 mm/a und die Scherung auf 12,5 mm mit einer Rate von 7,2 mm/a an, wobei sich die Scherung zunehmend leicht von der Öffnungsweite abhebt. Im Anschluss zeigt sich bis Ende des Jahres nur noch ein geringer Anstieg bzw. vergleichsweise stagnierender Verlauf dieser Verschiebungswerte. Die Entwicklung des Höhenversatzes zeigt einen relativ stagnierenden Verlauf auf deutlich niedrigerem Niveau. Die Gesamtverschiebungsraten betragen in dem gleichen Zeitraum 8,8 mm/a und liegen damit oberhalb des Vorjahreswerts von 6,7 mm/a, aber noch unterhalb der zuletzt 2014 in der Hauptaufweitungsphase an einer abgeworfenen benachbarten Messstelle im Pfeiler ermittelten Verschiebungsraten für die Öffnungsweite von 13,5 mm/a.

## Firstnivellement

Um Unterschiede der Firstsenkungen im stark durchbauten Bereich des Füllortes Schacht 2 auf der 750-m-Sohle erfassen zu können, werden die Nivellementpunkte einem in der Firste vermarkten Bezugspunkt außerhalb des Füllortbereiches (hier FN 01/750) gegenübergestellt und bewertet. Ergänzend wurde ein Polygonpunkt in der Sohle unterhalb FN 01/750 eingemessen (s. Anhang 10.1, Bild 68 auf Blatt 322). Die Messgenauigkeit liegt bei 0,3 mm.

Bedingt durch die 2014 im Bereich des Füllorts durchgeführten Verfüllmaßnahmen sind die westlichen Nivellementpunkte FN 02/750 bis FN 04/750 und FN 13/750 sowie der südlich gelegene Messpunkt FN 05/750 entfallen. Seit dem 29.01.2016 wird in der neuen westlichen Umfahrung des Füllortes Schacht 2 der Firstpunkt FN 44/750 in das Nivellement mit einbezogen.

Die Messungen am 10.12.2020 belegen an den seit 2012 erfassten Messpunkten mit Senkungsbeträgen von 74 mm bis 95 mm eine Fortsetzung der bisherigen Firstabsenkung, wobei an Messpunkt FN 44/750 erst seit Anfang 2016 gemessen wird. Die Raten von 8,9 mm/a bis 11,4 mm/a liegen mit marginal abnehmender Tendenz im Bereich des Vorjahresniveaus. Ebenso entsprechen die Verformungsraten von etwa 1,6‰/a bis 3,3‰/a den im Februar 2020 registrierten Werten. Die Absenkung im östlichen Füllortbereich liegt weiterhin gleichauf mit den Werten des außerhalb gelegenen Vergleichspunkts bzw. an FN 10/750 und FN 11/750 deutlich darunter (s. Anhang 10.1, Bild 68 auf Blatt 322). Demgegenüber

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 138
---	------------

werden die größten Gesamtabenkungen und Absenkungsdifferenzen zum Vergleichspunkt weiterhin im südlichen Teilbereich des Füllorts an FN 06/750 und FN 07/750 registriert, auch am mittig zwischen den Füllörtern 2 und 4 gelegenen Messpunkt FN 44/750 werden hohe Absenkungsraten ermittelt.

### Horizontale Konvergenzmessstrecken

Mitte November 2015 wurden im Umfeld des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle die drei horizontalen Messstrecken K042, K043 und K044 jeweils in der Nähe der Wettertore eingerichtet. Die Messstrecke K042 ist westlich des Wettertors zur nördlichen Richtstrecke nach Osten, Messstrecke K043 ist nordöstlich des Wettertors zum Hauptquerschlag nach Süden und Messstrecke K044 ist in der westlichen Füllortumfahrung nordöstlich des Wettertors zur Wendelstrecke gelegen (s. Anhang 10.1, Bild 67 auf Blatt 322). Als typische Messgenauigkeit für die Erfassung der Konvergenz horizontaler Messstrecken ist von 1 mm auszugehen.

Nachdem die Konvergenzraten zur Vormessung für K042 im Messzeitraum von November 2019 bis Januar 2020 auf 7,6 mm/a abgesunken sind, erfolgte sukzessive bis Anfang November 2020 ein Anstieg auf 8,9 mm/a. Dem folgt ein Rückgang auf 5,6 mm/a zum letzten Messzeitraum von November 2020 bis Januar 2021. Der Mittelwert der Verformungsraten für 2020 liegt mit etwa 1,2‰/a ungefähr auf Vorjahresniveau. Dementsprechend liegt 2020 auch die Zunahme der Konvergenz um etwa 8,1 mm auf eine Gesamtkonvergenz von 48,6 mm bis Ende Dezember 2020 auf Vorjahresniveau (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Für die Konvergenzmessstrecke K043 betragen die Konvergenzraten zur Vormessung im Zeitraum November 2019 bis Januar 2020 9,5 mm/a. Danach steigen die Konvergenzraten bis Anfang November 2020 auf 11,7 mm/a an, um im Zeitraum November 2020 bis Januar 2021 wieder auf 9,6 mm/a abzusinken (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26). Der Mittelwert der Verformungsraten für 2020 liegt mit etwa 1,6‰/a marginal über dem Vorjahresniveau von 1,5‰/a. Auch die Zunahme der Konvergenz in 2020 um etwa 11,2 mm auf eine Gesamtkonvergenz von 58,0 mm bis Ende Dezember 2020 liegt geringfügig über dem Vorjahreswert (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

An Messstelle K044 betragen die Konvergenzraten zur Vormessung im Zeitraum November 2019 bis Januar 2020 8,7 mm/a und steigen bis Anfang November 2020 deutlich auf 17 mm/a an. Nachfolgend sinken die Konvergenzraten zum Zeitraum November 2020 bis Januar 2021 auf 11 mm/a ab. Der Mittelwert der Verformungsraten für 2020 entspricht mit etwa 1,9‰/a dem Vorjahresniveau. Die Zunahme der Konvergenzbewegung beträgt 2020 etwa 14,9 mm auf eine Gesamtkonvergenz von 74,9 mm bis Ende Dezember 2020 und liegt damit über dem Vorjahresniveau (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

Seit August 2018 werden insgesamt 8 vertikale und horizontale Konvergenzmessstellen durch tachymetrische Vermessung von 13 Messpunkten (7507 bis 7519) im Sohl-, Stoß und Firstbereich des östlichen Füllortabschnitts ausgewertet. Dabei dokumentieren die südlich des südöstlichen Füllortpfeilers gelegenen Messstellen im Zeitraum von Ende Januar 2020 bis Mitte Dezember 2020 sowohl vertikale, als auch horizontale Konvergenzen mit Raten bis maximal 10,3 mm/a. Nördlich des südöstlichen Pfeilers werden im östlichen Füllort neben horizontalen Konvergenzen, mit Raten von maximal 6,8 mm/a, auch geringe vertikale Divergenzen mit Raten bis maximal -1,1 mm/a registriert (s. Abschnitt 2.2.6 auf Blatt 26).

### Visuelle Kontrolle Füllort Schacht 2

Nach den bis 2017 durchgeführten umfangreichen Sanierungen im zentralen Bereich des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle zeigt sich dort keine relevante Zunahme der Schädigungen im Bereich

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 139
---	------------

der betonierten Stöße (s. Abbildung 4.47). Der durch Risse entfestigte Bereich des südöstlichen Pfeilers oberhalb der betonierten Stöße im Übergang zur Firste sowie die geringmächtige Firste unterhalb der Füllort-Kopfbühne zeigen zuletzt augenscheinlich keine zunehmende Schädigung. Auch der 2018 durch Anker gesicherte Übergang von der Kopfbühne zum Nordstoß lässt visuell keine neuen Entfestigungen erkennen. Der im Bereich des hinterfüllten nördlichen Pfeilers bereits intensiv entfestigte und mit reliktschen Mörtelschichten behaftete Nordstoß des Füllorts Schacht 2 zeigt augenscheinlich eine zunehmend Aufweitung bereits vorhandener Risse und Abschaltungen (s. Abbildung 4.48).



Abbildung 4.47: Füllort mit stabilisiertem südöstlichen Pfeiler sowie vereinzelt geraubten flachen Lösern im Firstbereich, Blick nach Westen (22.01.2021)

Im direkten Umfeld des Schachts werden zunehmend leichte Aufwölbungen in der Sohle der Füllortbühne registriert. Ende 2019 wurden die bereits nach oben stehenden Abschlussbleche im Übergang zur östlichen Füllortsohle teilweise abgeschnitten und nach unten gewinkelt neu angebracht. 2020 mussten die gestauchten Riffelbleche auf der Sohle im Übergang zum Nordstoß gekürzt werden (s. Abbildung 4.48), was ebenfalls auf gebirgsmechanische Beanspruchungen hinweist.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 140
---	------------



Abbildung 4.48: Zunehmend entfestigter südlicher Stoß des nördlichen Füllortpfeilers von Schacht 2/750 mit Rissen, Abschaltungen und gekürzttem Riffelblech, Blick nach Nordwesten (03.02.2021)

Westlich des Schachts wölbt sich die Füllortsohle unmittelbar vor der Fußfahung im Stützbauwerk weiterhin zunehmend auf.

Die Entfestigungen am südöstlichen Füllortstoß im Übergang zum Hauptquerschlag nach Süden setzen sich weiterhin geringfügig fort. Die dortigen vertikalen Risse im Stoß weiten sich zunehmend bis in die Sorelbetonelemente des verfüllten Luttenkanals aus.

Weitere Risse im Sorelbeton werden am Südweststoß des Stützbauwerks der westlichen Teilverfüllung sowie in dem durch das Bauwerk verlaufenden Fahrweg registriert. Die betonierete Sohle des Fahrwegs zeigte sich zunehmend entfestigt und musste 2020 ertüchtigt werden. Auch eine von Südwesten nach Nordwesten durch das Stabilisierungsbauwerk bis zum Schacht 2 verlaufende Bohrung zum Aufspulen des Unterseils zeigt augenscheinlich leicht zunehmende Versatzbewegungen an querschlägig darin verlaufenden Rissstrukturen geringer Öffnungsweite.

An den im anstehenden Gestein ausgebildeten Vertikalrissen im Umfeld der Fissurometer 047F und 049F lassen sich geringfügige Rissaufweitungen und Verlängerungen erkennen.

Die Verschiebungsbewegungen des Fissurometers 053F, an einem Vertikalriss im Bereich des mit Spritzbeton stabilisierten südwestlichen Pfeilers, weisen auf gebirgsmechanische Beanspruchungen hin (s. Anhang 10.3 auf Blatt 325).

Die im östlichen Abschnitt des nördlichen Füllortstoßes im Bereich hinter dem HFK-Container vorhandenen flachen Abschaltungen zeigen augenscheinlich nur eine geringfügige Zunahme der Schädigungen.

Die Schädigungen des ergänzend in das Monitoringprogramm aufgenommenen Bereichs am Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, von der Füllortbühne bis zur Buchtholzbühne, setzen sich in Form von Rissen und Abplatzungen an Mauerwerk und Beton des Schachtausbaus weiterhin kontinuierlich fort. Im Vergleich zur Befahrung Anfang 2020 haben insbesondere die Entfestigungserscheinungen am Betonring unmittelbar unterhalb der Füllortbühne, verstärkt im Osten und Süden des Schachts, weiterhin zugenommen (s. Abbildung 4.49).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 141
---	------------



Abbildung 4.49: Intensiv geschädigter Betonring mit zunehmender Rissbildung und Abplatzungen im östlichen Auflagebereich der Füllortbühne - einzelne Anker sind nicht mehr intakt, Blick nach Nordosten (03.02.2021)

Die in diesem Bereich bereits seit längerem dokumentierten Tropfstellen, wie Katasterstelle P750157, sind derzeit als feucht bis schwach tropfend einzustufen (s. Abbildung 4.50).



Abbildung 4.50: Schwach tropfende Katasterstelle P750157 mit stalaktitenförmigen Salzausfällungen, Blick nach Süden (03.02.2021)

Seit dem letzten Berichtsstand werden etwa auf halber Höhe zwischen Füllort- und Buchholzbühne, am durch Feuchtigkeit dunkel verfärbten Nordweststoß, stalaktitenförmige Verlaufspuren eingetrockneter Lösung erkennbar. Während der letzten Befahrung zeigte sich der Schachtausbau in diesem Bereich deutlich feucht bis nass.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 142
---	------------

Die auf Höhe der tiefergelegenen Buchholzbühne ausgebildeten Schädigungen zeigen visuell nur geringfügige Veränderungen.

So deuten sich am Oststoß leicht zunehmende Abplatzungen am Betonausbau sowie vermehrt kleinräumige Kristallisationsbildungen eingetrockneter Lösung ab. Der Schachtausbau ist zwar durch eine Systemankerung gesichert, jedoch zeigten sich zuletzt bei Kontrollen durch den Schachtsteiger diverse Anker als nicht mehr intakt.

### Visuelle Kontrolle Füllort Schacht 4

Unmittelbar nordwestlich des bislang betrachteten Monitoringbereichs um Schacht 2 auf der 750-m-Sohle, im östlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Westen, schließt sich das Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle an.

In dem direkt westlich der neuen Umfahrung des Schachts 2 auf der 750-m-Sohle in einem stark durchbauten Bereich gelegenen Füllort waren umfangreiche Schädigungen an Stößen bzw. am Mauerwerk ausgebildet.

Daher wurden bis Anfang 2016 im Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle zur Stabilisierung östlich und westlich an den Stößen Stützbauwerke aus Sorelbeton erstellt, welche in die nördliche Richtstrecke nach Westen einbinden. Durch die Stützbauwerke werden außerdem die Firste im Zugangsbereich sowie der großflächige Überhang zum Schacht hin unterfangen.

Die Firste zwischen den Stützbauwerken im Zugangsbereich des Füllorts zeigt sich insbesondere im südwestlichen Abschnitt zunehmend deutlich entfestigt, ist jedoch durch eine Systemankerung noch ausreichend gesichert (s. Abbildung 4.51).



Abbildung 4.51: Durch Stützbauwerke stabilisierter Zugang zum Füllort Schacht 4/750 mit Systemankerung und Firstkontrollbohrungen an der entfestigten Firste sowie mit Verbundsteinpflaster befestigter Sohle (03.02.2021)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Im Bereich des ehemaligen östlichen Wettertores sind jedoch zunehmend Risse ausgebildet, welche nicht durch Maschendrahtverzug gesichert sind. Dort sind Sicherungsmaßnahmen vorzusehen. Die im Beton der Stützbauwerke registrierten Risse korrespondieren teilweise mit Entfestigungen in der geschädigten Firste und zeigen aktuell überwiegend eine progressive Aufweitung. Da sich die zuletzt leicht aufgewölbte und mehrfach gerissene Betonsohle im Zugangsbereich des Füllorts zunehmend entfestigt zeigte, wurde diese Ende 2019 abgetragen und durch Verbundpflastersteine ersetzt (s. Abbildung 4.51).

Die nördliche Richtstrecke nach Westen, zwischen der westlichen Füllortumfahrung Schacht 2 und dem Zugang zu Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle, weist, begünstigt durch einen kleinräumigen Wechsel der geologischen Schichten, vermehrt intensive Abschalungen und Risse an den Stößen auf. Die Abschalungen dehnen sich zunehmend lokal bis in den Firstbereich aus und bedürfen regelmäßiger Beraube- und Ankerarbeiten (s. Abbildung 4.52).



Abbildung 4.52: Nördliche Richtstrecke nach Westen zwischen westl. Umfahrung und Schacht 4/750 mit teilweise bis zum Übergang Stoß/Firste geschädigten Stößen, Blick nach Nordwesten (03.02.2021)

Im westlichen Pfeiler des Einmündungsbereichs der westlichen Umfahrung von Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle in die Wendelstrecke wurden im Oktober 2017 Vertikalrisse mit geringer Öffnungsweite dokumentiert, welche zuletzt eine leicht progressive Entwicklung aufweisen. Im weiteren Verlauf der westlichen Umfahrung im Übergang in die nördliche Richtstrecke nach Westen wurden zu Beginn 2021 am Weststoß erstmals vertikale Risse im anstehenden Salz aufgenommen.

#### 4.6.3 Fazit

Die in [55] bzw. nachfolgend auf Grundlage der Monitoringergebnisse initiierten Sanierungsmaßnahmen für den überwachten Bereich im Umfeld der Füllörter Schacht 2 und Schacht 4 auf der 750-m-Sohle wurden weitestgehend umgesetzt. Dazu wurden seit 2013 umfangreiche Verfüllmaßnahmen, die Erstellung von Stützbauwerken, der Einbau von Ankern sowie Konturnachschnitte durchgeführt.

Durch die Sanierungsmaßnahmen konnte die Schädigungsentwicklung erkennbar verlangsamt und die Gebrauchstauglichkeit der Füllörter erhalten werden. Dennoch resultiert aus der intensiven bergmechanischen Beanspruchung eine insgesamt fortlaufende Entfestigung im Bereich der Füllörter, allerdings mit derzeit moderater Geschwindigkeit. Insbesondere im unmittelbaren Umfeld des Schachts

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 144

2/750 sowie im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle ist noch keine wirksame Stabilisierung erkennbar.

Die am gesamten Füllort Schacht 2 vor Umsetzung der Stabilisierungsmaßnahmen registrierte progressive Absenkung der Firstnivelementpunkte zum Vergleichspunkt außerhalb des Füllorts hat sich in den letzten Jahren auf den südlichen und westlichen Füllortbereich beschränkt. Im Gegensatz dazu wird am nordöstlichen Füllort keine erhöhte sondern eine zunehmend niedrigere Absenkung gemessen. Dies korrespondiert mit den dort tachymetrisch erfassten Konvergenzen. Dabei zeigen sich südlich des südöstlichen Pfeilers deutlich höhere Konvergenzraten als nördlich des Pfeilers, wo an einer vertikalen Messstrecke sogar schwach divergente Entwicklungen vorliegen.

Wie im Vorjahr lässt die Inspektion der Firstkontrollbohrungen im Monitoringbereich keine signifikante Zunahme der Entfestigung erkennen.

Die Messstelle MS4 am nördlichen Stoß des sanierten südöstlichen Pfeilers von Füllort Schacht 2 zeigt zum aktuellen Berichtsstand keine weitere Rissaufweitung. Die Entwicklung der Verschiebungsbewegungen an den jeweils im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten, zum Hauptquerschlag nach Süden sowie zur nördlichen Richtstrecke nach Westen installierten Fissurometer bewegt sich etwa auf Vorjahresniveau. Die am südwestlichen Pfeiler des Füllorts Schacht 2 registrierten Verschiebungswerte unterliegen weiterhin einem deutlichen Jahrgang bei einer zuletzt leichten Zunahme während der progressiven Phase.

Die Überwachung der Risse im Bereich des südöstlichen Füllorts, im Stabilisierungsbauwerk der westlichen Teilverfüllung, im Umfeld der westlichen Schachtumfahrung sowie an den Stützmauern am Füllort Schacht 4 zeigt überwiegend die Fortsetzung der auch zuvor registrierten leicht progressiven Schädigungsentwicklung.

An den horizontalen Konvergenzmessstrecken im Übergang zur nördlichen Richtstrecke nach Osten, nordöstlich des Wettertors zum Hauptquerschlag nach Süden und in der westlichen Füllortumfahrung setzen sich die seit Messbeginn dokumentierten Schwankungen der Messwerte im Jahresverlauf fort. Die für 2020 ermittelten Mittelwerte der Verformungsraten liegen etwa auf dem Niveau der 2019 erhobenen Mittelwerte, wobei die Zunahme der Gesamtkonvergenz für 2020 teilweise leicht höher ausfällt als im Vorjahr. An den tachymetrisch gemessenen horizontalen Messstrecken zeigen sich im südlichen Füllortabschnitt höhere Konvergenzen als im Norden. Die 2019 im nordöstlichen Füllortabschnitt beobachtete horizontal divergente Entwicklung liegt 2020 als vertikale Divergenz vor. Insgesamt liegen die ermittelten Konvergenzen jedoch weiterhin auf dem Niveau der bislang aufgezeichneten Daten.

Während sich die Abschalungen am nordöstlichen Füllortstoß von Schacht 2 auf der 750-m-Sohle hinter dem HFK-Container zuletzt nicht relevant vergrößert haben, nehmen die im Bereich des südwestlichen und nördlichen Füllortpfeilers ausgebildeten Risse und Abschalungen weiterhin kontinuierlich zu. Auch die im unmittelbaren Umfeld des Schachts dokumentierten Sohlenaufwölbungen der Füllortbühne und die Stauchung des Riffelblechs am Nordstoß belegen eine intensive gebirgsmechanische Beanspruchung. Die zunehmenden Verformungen und Rissbildungen tragen zur Destabilisierung des Schachtumfelds bei. So zeigt sich bei Betrachtung des Ausbaus von Schacht 2 vom Füllort auf der 750-m-Sohle bis zur Buchtholzbühne insbesondere das Umfeld des Auflagebereichs der Arbeitsbühne weiterhin zunehmend geschädigt. Die Entfestigung im tiefer gelegenen Bereich der Buchtholzbühne hat sich augenscheinlich nur marginal vergrößert.

Im südlichen Füllortbereich von Schacht 2 in Richtung des Hauptquerschlags nach Süden und im westlich anschließenden Übergang zum Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle zeigt sich überwiegend eine leicht zunehmende Schädigungsentwicklung. Insbesondere die Abschalungen an den betreffenden Stößen der nördlichen Richtstrecke nach Westen vergrößern sich fortlaufend und in der dortigen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 145

Firstkontrollbohrung deutet sich eine geringfügige Ausdehnung der konturnahen Risse an. Auch die Rissentwicklung in den Stabilisierungsbauwerken an Schacht 4 auf der 750-m-Sohle und die Abschaltungen in der Firste des Zugangsbereichs belegen einen kontinuierlichen Entfestigungsprozess.

Insgesamt ist derzeit die Gebrauchstauglichkeit für die durch das vorliegende Monitoring erfassten Grubenbereiche gegeben. Um der fortlaufenden Entfestigung in den Füllörtern und im Schachtausbau relevant entgegenzuwirken, sind jedoch weitere Maßnahmen erforderlich:

- Am Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle ist der geschädigte Nordpfeiler zu stabilisieren, auch um Druck von der eingespannten Füllortbühne zu nehmen.
- Der entfestigte nordöstliche Stoß des südwestlichen Füllortpfeilers mit der gerissenen Spritzbetonstabilisierung sollte ebenfalls ertüchtigt werden, zumal keine firstbündige Stabilisierung vorliegt.
- Aufgrund der großen Firsthöhe des östlichen Füllorts von Schacht 2 auf der 750-m-Sohle und der langen vorgesehenen Standzeit bis zum planmäßigen Abwerfen des Füllorts, wird die Einrichtung einer Systemankerung mit Maschendraht im Bereich der Firste zwischen Schacht 2 und dem verfülltem Hauptquerschlag nach Norden empfohlen.
- Zum Erhalt der Sicherheit im Schacht 2, von der Füllortbühne auf der 750-m-Sohle bis zur Buchholzbühne, sollten Sanierungsmaßnahmen am Schachtausbau durchgeführt werden (z. B. segmentweises Nachankern).
- Aufgrund der zunehmenden Schädigungen ist eine baldmöglichste Verfüllung des aufgelockerten Schachts mit Sorelbeton, zunächst bis zur Buchholzbühne, vorgesehen.
- Der Übergangsbereich des Füllorts Schacht 2 auf der 750-m-Sohle zur nördlichen Richtstrecke nach Westen, zwischen westlicher Umfahrung und Schacht 4 auf der 750-m-Sohle, wurde in den letzten Jahren wiederholt beraubt und lokal kleinräumig geankert. Zur Begrenzung der weiterhin zunehmenden Schädigung sollte dieser Streckenabschnitt durch Stützmauern ertüchtigt werden, bedarfsweise ist die Ankerung zu ergänzen.
- Im Füllort Schacht 4 auf der 750-m-Sohle sollte der nicht in die Systemankerung einbezogene geschädigte Firstabschnitt mit Maschendrahtverzug gesichert werden.

## 4.7 Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle

### 4.7.1 Standortbeschreibung

Der im Osten der 750-m-Sohle gelegene Monitoringbereich wurde sukzessiv erweitert und umfasst aktuell die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle bis westlich des Strahlenschutz-Überwachungsbereichs sowie den dort nordwestlich abgehenden Abbau 5/750 (Na<sub>2</sub>), inklusive eines im Hangenden von Abbau 4/750 (Na<sub>2</sub>) bis zu einer Fluchtbohrung verlaufenden Streckenabschnitts (s. Anhang 11.4 auf Blatt 331). Der vormals einbezogene Bereich der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten ist verfüllt [21] und wird nicht mehr detailliert betrachtet.

Der Monitoring-Teilbereich der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle liegt zwischen dem Carnallitbaufeld im Norden und dem südlich anschließenden, gebirgsmechanisch stark beanspruchten Na<sub>2</sub>-Baufeld im Sattelnern. Es stehen vorwiegend die Schichten von Speisesalz (Na<sub>2</sub>S) und Polyhalitbänkchensalz (Na<sub>2</sub>P) der Staßfurtfolge an. Die Grenzflächen von

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 146

Na<sub>2</sub>S und Na<sub>2</sub>P verlaufen etwa WNW–ESE und queren die NW-SE verlaufenden Richtstrecken. Kieseritisches Übergangssalz (Na<sub>2</sub>K) tritt östlich des nach Norden abgehenden Querschlags im weiteren südöstlichen Verlauf der nördlichen Richtstrecken nach Osten auf und leitet in den Carnallit des K<sub>2</sub>C über. Anschließend verläuft die Richtstrecke bis westlich des Zugangs zum Abbau 5/750 (Na<sub>2</sub>) im Kalisalz.

Der Teilbereich mit den Abbauen 4/750 (Na<sub>2</sub>) und 5/750 (Na<sub>2</sub>) befindet sich im stark beanspruchten Na<sub>2</sub>-Baufeld im Sattelkern. Die Abbaue 5/750 (Na<sub>2</sub>) und 4/750 (Na<sub>2</sub>) wurden im Na<sub>2</sub>S-Speisesalz aufgefahren, randlich von Schichten des Na<sub>2</sub>P und Na<sub>2</sub>K flankiert. Der im Firstbereich 1979 durch Sprengen entfernte Pfeiler zwischen den Abbauen 5a und 5b/750 (Na<sub>2</sub>) befand sich demnach im Staßfurt-Hauptsalz (Na<sub>2</sub>β).

Die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle wurde etwa 1920 aufgefahren. Eine nördliche Aufweitung im westlichen Streckenabschnitt, mit einhergehender Einrichtung einer Kfz-Werkstatt, erfolgte in zwei Phasen Mitte der siebziger und Mitte der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Bis Oktober 2012 sowie vom zweiten Quartal 2013 bis November 2013 wurde die Aufweitung als temporärer Standort der Misch- und Pumpanlage 30BA und seit Sommer 2014 als Pausenplatz genutzt. Südlich liegen zwei Zugänge zum versetzten Abbau 4a/750 (Na<sub>2</sub>), ein Zugang zu Abbau 5a/750 (Na<sub>2</sub>) sowie ein verfülltes ehemaliges Holzlager. Im weiteren östlichen Verlauf der nördlichen Richtstrecke nach Osten, bis zum Absperrgitter des Überwachungsbereichs vor dem Zugang des Blindschachts 3, gehen nördlich der Querschlag zur 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten und in südlicher Richtung die versetzten Zugänge zu Abbau 5a (Na<sub>2</sub>) bzw. Abbau 5 (Na<sub>2</sub>) ab.

Im Liegenden beider nördlichen Richtstrecken befinden sich verfüllte Bereiche der 775-m-Sohle, im Westen erstreckt sich im Hangenden die verfüllte A-Sohle des Carnallitbaufeldes im Niveau der 750-m-Sohle.

Westlich des Überwachungsbereichs am Blindschacht 3 geht von der nördlichen Richtstrecke nach Osten der von 1931 bis 1933 aufgefahrene Abbau 5/750 ab. Dieser geht im westlichen Verlauf in die Abbaue 5a und 5b/750 (Na<sub>2</sub>) über, welche von 1932 bis 1935 erstellt wurden. Im Juli 1979 wurde der Pfeiler zwischen diesen beiden Abbauen im Bereich des Hangenden mit einer Mächtigkeit von 8 m herausgeschossen und die Abbaue vereint. Das herausgesprengte Material ist überwiegend als Haufwerk im ursprünglichen Bereich des Abbaus 5b/750 (Na<sub>2</sub>) verblieben. Ende der 1970-er Jahre erfolgte eine Firstsanierung des von 1930 bis 1934 aufgefahrenen und weitgehend versetzten Abbaus 4/750 (Na<sub>2</sub>). Dort verläuft noch eine Strecke im Firstniveau, welche den westlichen Teil des Abbaus 4/750 (Na<sub>2</sub>) überfährt und zum Abbau 6/725 (Na<sub>2</sub>) auf der 725-m-Sohle weiterführt. Der Monitoringbereich endet etwa mittig oberhalb des Abbaus 4/750 (Na<sub>2</sub>) auf Höhe einer 2001 aufgefahrenen, nach Südwesten abgehenden Nische zur Aufnahme von Versatzbohrungen und der dortigen Fluchtbohrung zur 700-m-Sohle.

Insgesamt ergibt sich für den infrastrukturell stark genutzten Monitoringabschnitt im westlichen Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle die Situation eines hohen Durchbaugrads bei einem geringen Anteil an tragfähigen Gebirgsbereichen im Umfeld und einer langen offenen Standzeit. So lag 2012 das Verhältnis von Hohlraum zu Tragelementen für das Umfeld der Streckenaufweitung in der nördlichen Richtstrecke nach Osten noch bei ca. 70:30. Infolge der seitdem durchgeführten Verfüllmaßnahmen wurde dort der absolute Anteil an standfestem Material etwa um den Faktor 2,5 erhöht.

Im weiteren östlichen Verlauf der nördlichen Richtstrecke nach Osten, insbesondere östlich des Querschlags zur 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten, nimmt der Grad der Durchbauung vergleichsweise ab. Dennoch erwiesen sich dort der Nord- und Südstoß durch tiefreichende Abschaltungen bis in den

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 147
---	------------

Übergang zur Firste als intensiv entfestigt, was überwiegend auf die lange offene Standzeit im gebirgsmechanisch stark beanspruchten Sattelkern und die Lage zwischen zwei Abbaufeldern zurückgeführt werden kann [52]. Die Auflockerungen wurden durch Nachschnitarbeiten weitgehend entfernt.

Auch im Bereich des im oberen Teil vereinten Abbaus 5/750 (Na2) sind deutliche Entfestigungserscheinungen erkennbar. Insbesondere am Südstoß sind vom Pfeiler zum Überwachungsbereich vor Blindschacht 3 bis in den Westen des Abbaus 5b/750 (Na2) massive Abschaltungen und Risse zu verzeichnen, welche durch Konturnachschnitte entfernt bzw. durch vorgesezte Stabilisierungsmauern gesichert sind. Im ursprünglichen Abbau 5b/750 (Na2) sind darüber hinaus auch flache Abschaltungen an der südlichen Firste ausgebildet.

Der westliche Teil des nördlichen Pfeilerstoßes zwischen den Abbauen 5 und 4/750 (Na2) weist intensive Vertikalrisse auf, welche sich in Richtung des dort nicht firstbündig verfüllten Abbaus 4/750 (Na2) ausgebildet haben. An diesem Abbau ist auch erkennbar, dass sich zumindest entlang des Nordstoßes noch Resthohlräume befinden. Im weiteren westlichen Verlauf der Strecke im Firstniveau des Abbaus 4/750 (Na2) weist der Südstoß, östlich der Nische zur Aufnahme von Versatzbohrungen, intensive Abschaltungen auf und ist partiell durch Anker gesichert. Am Nordstoß der Strecke und an den Stößen der Nische sind diverse Vertikalrisse ausgebildet.

Bedingt durch die lange offene Standzeit und den hohen Durchbauungsgrad unterliegt der Monitoringbereich, insbesondere im westlichen Bereich auf Höhe der Streckenaufweitung mit dem Pausenplatz, diversen Entfestigungs- und Bruchprozessen. In den Pfeilern und Stößen im Umfeld der Streckenaufweitung waren teils signifikante Auflockerungserscheinungen (Abschaltungen, Risse) ausgebildet, im Firstbereich zeigte sich ein System von überwiegend in NW-SE- bis W-E-Richtung verlaufenden Rissen mit Öffnungsweiten im mm- bis dm-Bereich.

Durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen (s. Anhang 11.4 auf Blatt 331) wurden im westlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Osten die in der Firste und an den Stößen ausgebildeten Risse nahezu vollständig unterfangen bzw. stabilisiert. Kleinere isolierte Pfeiler verminderter Tragfähigkeit im Umfeld der Streckenaufweitung wurden durch Betonagemaßnahmen ertüchtigt.

Die 2. nördliche Richtstrecke nach Osten und der überwiegende Teil der davon abgehenden Querschläge wurden vollständig mit Sorelbeton verfüllt. Lediglich im Zufahrtbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten, westlich der Streckenaufweitung, sind noch NW-SE streichende Risse in der Firste erkennbar, welche mit dem Fissurometer 026F bzw. der Gipsmarke GM22 überwacht werden (s. Abbildung 4.53 und Anhang 11.1 auf Blatt 326).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 148

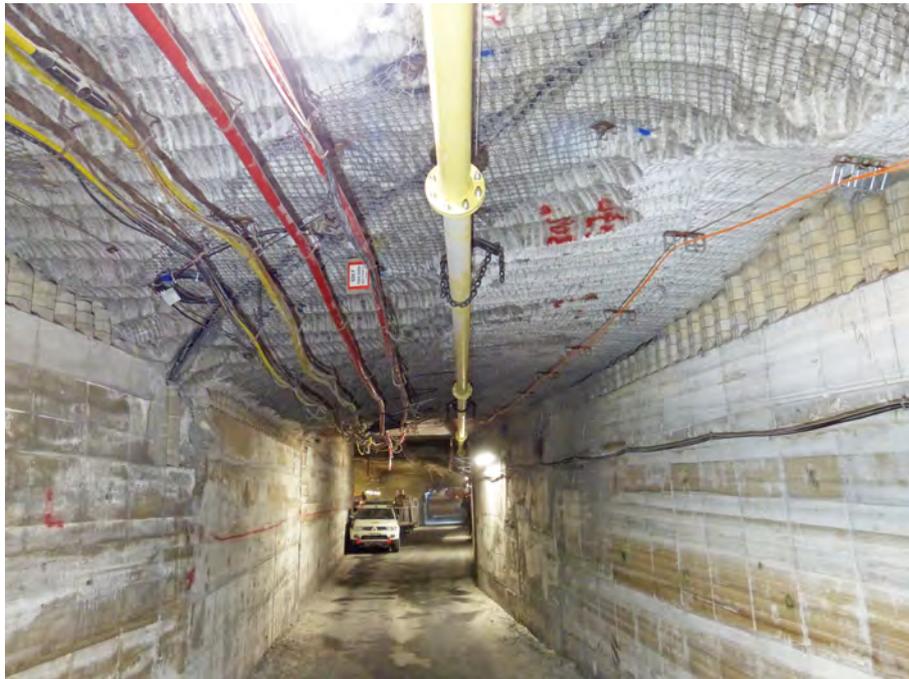


Abbildung 4.53: Zufahrtbereich mit Stabilisierungsbauwerken an beiden Stößen, unvollständig mit Maschendrahtverzug gesicherten Vertikalrissen sowie Bereich der unterfahrenen A-Sohle, Blick nach Südosten (22.01.2021)

Nach Einrichtung des Monitoringbereichs erfolgten ab 2013 diverse Sicherungsmaßnahmen, zunächst in den westlichen Abschnitten der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten. Dabei wurden schwerpunktmäßig Stützbauwerke erstellt und Verfülmaßnahmen durchgeführt, insbesondere im Umfeld der infrastrukturell stark genutzten Streckenaufweitung in der nördlichen Richtstrecke nach Osten, welche bei derzeitiger Nutzung als Pausenplatz weiterhin einen hohen Überwachungsbedarf aufweist (Abbildung 4.54).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 149



Abbildung 4.54: Als Pausenplatz genutzte Aufweitung der nördlichen Richtstrecke nach Osten, Blick nach Südosten (01.02.2021)

Bis 2017 erfolgte die vollständige Verfüllung der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten mit davon abgehenden Streckenzugängen, Rolllöchern und Gesenken, inklusive des Großteils vom zur nördlichen Richtstrecke nach Osten abgehenden Querschlag. Auch die Verfüllung eines im Abbau 4a (Na2) erkundeten Firstspalts mit  $4.704 \text{ m}^3$  Sorelbeton diente der weiteren Stabilisierung des Monitoringbereichs.

Im Monitoring-Teilbereich mit den Abbauen 4/750 (Na2) und 5/750 (Na2) erfolgte bis 2017 als Stabilisierungsmaßnahme zunächst nur die Errichtung eines nicht firstbündigen Stützmauersegments am geschädigten Südstoß. Die Stützmauer wurde sukzessive von 2018 bis 2019 durchgehend firstbündig entlang des Südstoßes erweitert, nach Westen bis zur Fläche vor dem Salzhauwerk sowie nach Osten bis zum Plateau der Faktenerhebung am Arbeitsbereich zur Erkundung der ELK 12/750.

In 2019 erfolgte ein umfangreicher Nachschnitt der zunehmend geschädigten Streckenkontur des östlichen Abschnitts der nördliche Richtstrecke nach Osten. Dabei wurden die Firste max. etwa 1,8 m tief sowie der Nordstoß mit max. etwa 1,0 m Breite nachgeschnitten und der weit überwiegende Teil der Auflockerungen entfernt. Nachfolgend wurde bis Februar 2020 der Südstoß zunächst bis in den Bereich unterhalb des Übergangs der Firste zum Stoß gefräst und die Streckenkontur des westlich abzweigenden Zugangs zum Abbau 5/750 (Na2) bis vor das Plateau der Faktenerhebung vollständig nachgeschnitten. Auch dabei wurde der Großteil der Entfestigungserscheinungen beseitigt (Abbildung 4.55). Damit einhergehend erfolgte ab März 2020 in der nördlichen Richtstrecke nach Osten eine Aufhöhung der Sohle mit Sorelbeton in zwei Phasen. Dabei wurde zunächst eine max. 0,8 m mächtige Sorelbetonlage aufgebracht, welche nachfolgend im östlichen Abschnitt nochmals um ca. 0,5 m erhöht wurde, um eine Angleichung mit der zur Faktenerhebung (FE) verlaufenden Rampensohle herzustellen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse
Blatt: 150



Abbildung 4.55: Nördliche Richtstrecke nach Osten (rechts) mit nachgeschnittener Kontur, betonierter Sohle und eingefräster Nische zur Aufnahme einer Stützmauer am Südstoß. Auch im Bereich der Zufahrtsrampe zum Abbau 5/750 (Na2) erfolgte ein umfassender Konturnachschnitt, Blick nach Nordwesten (05.01.2021)

Im Mai 2020 wurde der durch vertikale Risse entfestigte Pfeiler am Südstoß zwischen dem Zugang zum Blindschacht 3 und der Fußfahung an der Zugangsrampe zum Abbau 5/750 (Na2) mit einem bis unterhalb der Radonlutte reichenden Stützbauwerk aus Sorelbeton stabilisiert, welches u. a. der Aufnahme eines Lüfters dient (Abbildung 4.56).



Abbildung 4.56: Bis unter die Radonlutte reichendes Stabilisierungsbauwerk im Bereich des entfestigten Südstoßes westlich des Zugangs zum Blindschacht 3. Blick nach Südosten (05.01.2021)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 151

Im Rahmen der Einrichtung des Arbeitsbereichs zur Erkundung der ELK 12/750 wurden zunehmend Einhausungen im Bereich der Plateaus der Faktenerhebung im östlichen Teil des Abbaus 5/750 (Na2) aufgebaut. Ferner wurde im Juli 2020 eine zur Durchführung der geplanten Erkundungsbohrung benötigte Kompressorstation auf einem am Rand des Salzhauferwerks planierten Plateau im mittleren Abbau 5/750 eingerichtet (s. Abbildung 4.57).



*Abbildung 4.57: Am Rand des nicht firstbündigen Abschnitts vom Salzhauferwerk im mittleren Abbau 5/750 eingerichtetes Plateau mit Kompressorstation. Blick nach Südosten (05.01.2021)*

Ab Ende September 2020 erfolgten Beraube- und Nachschnitarbeiten am Südstoß der nördlichen Richtstrecke nach Osten (Abbildung 4.55). Dabei wurde in dem Abschnitt vom Stellplatz für das Grubenwehrfahrzeug bis zum Abzweig der Zufahrt zum Abbau 5/750 (Na2) entlang des Südstoßes eine ca. 0,9 m bis 1,3 m tiefe Nische zur bündigen Aufnahme einer Sorelbetonstützmauer erstellt (Abbildung 4.58).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 152



Abbildung 4.58: Nördliche Richtstrecke n. Osten östlich des Querschlags mit Grubenwehrraum mit nachgeschchnittener Kontur und Stützmauer entlang des Südstoßes. Blick nach Südosten (05.01.2021)

Die Erstellung der Stützmauer wurde sukzessive nach Osten fortgesetzt (Abbildung 4.59), die Fertigstellung erfolgte im Februar 2021.



Abbildung 4.59: Schalungsarbeiten im Mittelteil der am Südstoß im östlichen Abschnitt der nördliche Richtstrecke n. Osten erstellten Stützmauer. Blick nach Südosten (05.01.2021)

Weitere Sanierungsarbeiten sind westlich des Abbaus 5/750 (Na2) vorzusehen. So ist der nicht firstbündige Teil des im Abbau 5b/750 (Na2) lagernden Salzhauferwerks abzumauern und durch eine

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 153

Firstspaltverfüllung zu stabilisieren, dadurch erhält es eine den Abbau stützende Funktion. Der geschädigte nördliche Pfeiler zwischen den Abbauen 4 und 5/750 (Na2), einschließlich des nicht durchgehend firstbündig versetzten Übergangs zum Abbau 4/750 (Na2), soll ebenfalls abgemauert und mit Sorelbeton verfüllt werden. In diesem Zuge sind auch die noch in Abbau 4/750 (Na2) erkennbaren Hohlräume entlang des Nordstoßes mit Sorelbeton zu verfüllen.

#### 4.7.2 Messergebnisse

##### Gipsmarken

In der nördlichen Richtstrecke nach Osten ist nur die Gipsmarke GM22/750 verblieben (s. Anhang 11.1 auf Blatt 326), welche aktuell weiterhin keine Risse aufweist.

##### Rissmarkierungen

Seit Anfang 2017 werden die überwiegend bereits während des Abbindeprozesses entstandenen Risse in den Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken im Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten regelmäßig aufgenommen und überwacht.

An den Stützmauern im Bereich des Südstoßes bzw. Stabilisierungsbauwerken an den davon abgehenden Strecken werden am 02.09.2020 Risse mit Öffnungsweiten von Haarrissbreite bis 6,5 mm gemessen, die überwiegend negativen bis stagnierenden Bewegungsraten liegen maximal bei 1,8 mm/a. Bis auf einen maximalen Versatz der Risskanten von 8 mm sind die Versatzbewegungen zu vernachlässigen, Rissverlängerungen werden nicht verzeichnet.

An den Stützmauern am Nordstoß im Bereich des ertüchtigten Kleinpfeilers sowie am Stabilisierungsbauwerk in der nordwestlichen Streckenaufweitung werden am 02.09.2020 Risse mit Öffnungsweiten von Haarrissbreite bis 8,0 mm mit vorwiegend negativen Raten bis zu 3,5 mm/a gemessen. Die maximal dokumentierten Versatzbewegungen liegen bei 3,0 mm, die maximalen Scherbewegungen bei 2,0 mm, Rissverlängerungen sind nicht verzeichnet.

Seit dem 24.10.2019 werden im Bereich des geplanten Standorts zur Erkundung der ELK 12/750 am östlichen Plateau der Faktenerhebung im Abbau 5/750 (Na2) Risse in Stützmauern am Ost- und Südstoß sowie im Betonsockel des Plateaus überwacht. Bei der Messung am 08.09.2020 zeigte sich teilweise eine geringe Zunahme der Öffnungsweiten an den Stützmauern am Stoß, welche maximal 11,0 mm mit Raten bis zu 2,4 mm/a betragen. Vereinzelt wurden Rissverlängerungen von bis zu 30 cm Länge sowie neue Risse geringer Öffnungsweite mit bis zu 50 cm Länge registriert. Die maximalen Öffnungsweiten der Risse im Podestsockel haben sich leicht auf 4,0 mm vergrößert, mit Raten von 1,2 mm/a. Im Osten des Plateaus wurde am 08.09.2020 eine Versatzmessstelle an einem Riss eingerichtet, bei der Erstmessung wurde ein Gesamtversatz von 6,5 mm registriert.

##### Fissurometermessungen

Im Monitoringbereich ist nur das Fissurometer 026F im westlichen Zufahrtsbereich der Streckenaufweitung verblieben, welches am 14.12.2012 installiert wurde, um dort vorhandene Nordost-Südwest streichende Risse zu überwachen (s. Anhang 11.1 auf Blatt 326 und Abbildung 4.53 auf Blatt 148).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 154

Die Zeitreihe der Fissurometermessungen an 026F zeigt bis zum Beginn der Verfüllmaßnahmen im November 2016 einen vom Jahrgang beeinflussten Messwertverlauf mit einer kontinuierlich anwachsenden maximalen Öffnungsweite von zuletzt 1,7 mm. Infolge der Erstellung umfangreicher Betonagen im Umfeld des Fissurometers bis Mitte Dezember 2016 wurde die Entwicklung von kontinuierlich zunehmenden maximalen Öffnungsweiten unterbrochen. Die Entwicklung der Rissöffnungsweiten erreicht nachfolgend in den vom Jahrgang bedingten progressiven Entwicklungsphasen nur noch Werte von 1,0 mm bis 1,3 mm.

Nachdem die Öffnungsweite von Anfang Januar 2020 bis Anfang April 2020 auf einem Niveau zwischen 1,1 mm bis 1,2 mm stagniert, sinkt diese bis Mitte August 2020 jahresgangbedingt auf 0,6 mm über dem Ausgangspunkt ab. Von Ende September 2020 steigt die Öffnungsweite bis Anfang Januar 2021 wieder auf 1,0 mm an, was einer Rate von 1,1 mm/a entspricht. Die Raten der Scher- und Höhenversatzverschiebungen bewegen sich in diesem Zeitraum mit Werten von 0,3 mm/a bzw. 0,1 mm/a auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Die Verschiebungsraten in der jahresgangbedingten progressiven Entwicklungsphase, welche ins Jahr 2021 überleitet, liegen für die Öffnungsweite und die Scherungs- bewegungen deutlich unterhalb der Vorjahreswerte. In der regressiven Phase fiel der Rückgang der Öffnungsweite 2020 wiederholt geringer aus als im Vorjahr (2019).

### Konvergenzmessungen

Im September 2004 wurde in der nördlichen Richtstrecke nach Osten der Konvergenzmessquerschnitt K6 eingerichtet (s. Anhang 11.1 auf Blatt 326). Die zuletzt an Konvergenzmessquerschnitt K6 am 01.11.2019 bestimmten vertikalen Konvergenz- und Verformungsraten lagen unterhalb der Vorjahreswerte. Seit Anfang 2020 ist die Messstelle K6 zerstört, daher liegen für 2020 keine Messwerte mehr vor.

### Firstkontrollbohrungen

Im August 2012 wurden im Bereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten drei vertikale Firstkontrollbohrungen (FKBrg. 750-05 bis 750-07) erstellt. Zur Überprüfung der Firste im Bereich unterhalb der A-Sohle wurden 2013 die vertikale Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-31 und die mit 30,7° in Richtung Südosten ansteigende FKBrg. 750-32 gestoßen (s. Anhang 11.1 auf Blatt 326). Um die Tragfähigkeit der Firste hinsichtlich der Befestigung des Lüfters im Zugang zur Faktenerhebung (Abbau 5/750 (Na2)) bewerten zu können, wurde 2018 unmittelbar südlich des Lüfters die Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-62 erstellt. Im September 2019 wurde die Firstkontrollbohrung FKBrg. 750-64 zur Prüfung der Firststabilität am geplanten Standort zur Erkundung der ELK 12/750, im Bereich des Abbaus 5/750 (Na2), erstellt. Darüber hinaus wird die im Jahre 2004 für Spannungssondierungen erstellte Erkundungsbohrung R7-3 in die Bohrlochkamerainspektion einbezogen.

In den letzten Befahrungen der Firstkontrollbohrungen FKBrg. 750-05, -06, -07, -62 vom 04.09.2020 sowie der Erkundungsbohrung R7-3 vom 03.02.2021 zeigen diese Bohrungen beanspruchte Konturen, aber weiterhin keine offenen Risse. Der durchfeuchtete Bereich sowie die Ausbildung von Salzausblühungen in der Bohrung R7-3 haben sich im Vergleich zur letzten Inspektion nicht relevant vergrößert (s. Anhang 11.1, Bild 78 auf Blatt 327). Die Länge der FKBrg. 750-62 hat sich durch den Konturnachschnitt im Zugangsbereich zum Abbau 5/750 (Na2) um 1,5 m reduziert. Die FKBrg. 750-31 ist derzeit durch eine Rohrleitung verdeckt und FKBrg. 750-64 ist aufgrund einer unmittelbar darunter errichteten Einhausung nicht zugänglich.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 155

In der zuletzt am 04.09.2020 inspizierten Firstkontrollbohrung FKBrG. 750-32 befindet sich der Übergang Steinsalz/Sorelbeton bei 4,5 m und der Übergang Sorelbeton/Steinsalz bei 7,2 m Bohrlochteufe. Im nordwestlichen Bereich sind ab 4,1 m Bohrlochteufe bis zum Übergang in den Sorelbeton starke Auflockerungen und Rissbildungen an der Bohrlochkontur erkennbar. Somit besteht kein formschlüssiger Übergang vom Steinsalz zum Sorelbeton (s. Anhang 11.1, Bilder 75 bis 76, auf Blatt 327). Der Übergang vom Sorelbeton zum Steinsalz bei 7,2 m Bohrlochteufe erfolgt nahezu bündig (s. Anhang 11.1, Bild 77 auf Blatt 327). Zwischen 1,6 m bis 3,5 m sind vereinzelt kleinräumige Salzausblühungen zu erkennen.

## Firstextensometer

Zur detaillierteren Überwachung im Bereich der Streckenaufweitung (Pausenplatz) wurden von Dezember 2012 bis Januar 2013 sechs Zweifach-Extensometer (Ankerpunkte bei 2,0 m und 4,0 m) in der Firste instrumentiert (Anhang 11.1 auf Blatt 326). An den Kopfpunkten der fünf Extensometer FiEx 750-01 bis FiEx 750-05 wird die Temperatur in einer Bohrlochteufe von 0,4 m erfasst (Anhang 11.2 auf Blatt 328). Bei den Extensometermessungen beträgt die Messunsicherheit 0,1 mm und bei den Temperatursensoren 1 K.

Bei vor der Instrumentierung durchgeführten Videoinspektionen zeigten sich nur in der Bohrung FiEXBrG.750-04 deutlich aufgelockerte Bereiche bzw. Risse. Diese durch Extensometer FiEx750-04 sowie Fissurometer 025F überwachten Rissstrukturen wurden Ende Oktober 2016 vollständig durch ein firstbündiges Stützbauwerk aus Sorelbeton unterfangen, wobei die Messfunktionen von FiEx 750-04 erhalten blieben.

An den Firstextensometern FiEx750-01 und FiEx750-02 schwanken die an den 4-m-Ankerpunkten erfassten Gesamtdehnungen nahe des Nullpunkts bzw. geringfügig darüber. Nachdem von 2016 bis 2018 tendenziell zunehmende Maximaldehnungen verzeichnet wurden, liegen die Dehnungswerte für 2019 und 2020 geringfügig unterhalb des Niveaus von 2018 bzw. nähern sich diesem wieder an (Anhang 11.2, Bild 80 auf Blatt 329), was auf den Einfluss eines Jahresgangs hindeutet. So werden an FiEx750-01 und FiEx750-02 von September bis Anfang November 2019 maximale Dehnungen von etwa 1,0 mm registriert, welche jeweils bis Anfang Januar 2021 wieder leicht auf 0,8 mm bzw. 0,9 mm abgesunken sind. Die Werte entsprechen ungefähr dem Vorjahresniveau bzw. liegen geringfügig darüber. Die Entwicklung der Dehnungsbewegungen an den 2-m-Ankerpunkten ist bis zum aktuellen Berichtsstand weiterhin vergleichsweise vernachlässigbar (Anhang 11.2, Bild 79 auf Blatt 329).

Nachdem ab Dezember 2016 an FiEx750-03 durch Betonagetätigkeiten induzierten sprunghaften Dehnungsanstieg von 4,8 mm auf 5,4 mm am 4-m-Ankerpunkt zeigen sich dort bis Anfang März 2019 mit einer Dehnung von 5,2 mm nur sehr geringfügige Schwankungen der Dehnungsentwicklung (Anhang 11.2, Bild 80 auf Blatt 329). Nach dem letzten Dehnungsanstieg auf 5,6 mm im August 2019 stagnieren die Werte bis Ende April 2020 auf diesem Niveau. Danach steigen die Dehnungswerte bis Mitte August 2020 auf 6,4 mm an, was einer im Vergleich zum Vorjahr höheren Rate von 2,7 mm/a entspricht. Seitdem stagniert der Wert bis Anfang Januar 2021, insgesamt zeichnet sich die Entwicklung eines Jahresgangs ab. Die bis 2019 kontinuierlich auf -0,4 mm gesunkene Gesamtdehnung am 2-m-Ankerpunkt stagniert 2020 mit marginalen Schwankungen auf diesem Niveau (Anhang 11.2, Bild 79 auf Blatt 329).

Nachdem im Dezember 2016 das FiEx750-04 durch ein massives Sorelbeton-Stützbauwerk direkt unterfangen wurde, stiegen die Werte der Gesamtdehnung an den 2-m bzw. 4-m-Ankerpunkten von 0,2 mm bzw. 2,3 mm auf 1,8 mm bzw. 4,8 mm sprunghaft an (Anhang 11.2 auf Blatt 328). Danach sind die Dehnungswerte kontinuierlich gesunken. Von Anfang Januar bis Anfang April 2020 sind die Werte für die Gesamtdehnung am 2-m-Ankerpunkt vom Nullpunkt bis auf -0,1 mm abgesunken, was negativen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 156

Raten von  $-0,4$  mm/a entspricht. Bis Mitte Oktober 2020 stagnieren die Werte auf diesem Niveau, um anschließend bis Anfang Januar 2021 auf  $-0,3$  mm bei einer negativen Rate von  $-0,9$  mm/a abzusinken. Am 4-m-Ankerpunkt ist für das Jahr 2020 ein kontinuierlicher Rückgang von 3,6 mm auf 3,3 mm zu verzeichnen, was einer negativen Rate von  $-0,3$  mm/a entspricht. Während die Gesamtdehnung am 2-m-Ankerpunkt von FiEx750-04 bis deutlich unterhalb des Ausgangswertes der Messung von 2013 gesunken ist, liegt die Dehnung am 4-m-Ankerpunkt noch deutlich oberhalb des Niveaus vor der Betonage Ende 2016. Für beide Ankerpunkte deutet sich zunehmend die Beeinflussung durch einen Jahresgang an. So wird zur Jahresmitte, in Korrelation mit steigenden Temperaturen und erhöhter Wetterfeuchte, jeweils der insgesamt degressive Verlauf der Dehnung unterbrochen.

Auch die 2-m- bzw. 4-m-Ankerpunkte des Extensometers FiEx750-05 zeigten Anfang Dezember 2016 einen durch die Betonage bedingten geringfügigen Anstieg der Gesamtdehnung auf 1,6 mm bzw. 5,6 mm. Seitdem sind nur noch sehr geringfügige Veränderungen der Dehnungsbewegungen erkennbar. Ende 2020 werden dort 1,6 mm bzw. 5,7 mm Gesamtdehnung verzeichnet (Anhang 11.2 auf Blatt 328).

Am Extensometer FiEx750-06 wurden seit 2013 jahresgangbedingte Anstiege der Gesamtdehnung unterschiedlicher Ausprägung an beiden Ankerpunkten registriert (Anhang 11.2 auf Blatt 328). Am 4-m-Ankerpunkt erfolgte zuletzt im September 2016 ein relevanter Anstieg auf insgesamt 2,2 mm. Bis Mitte Oktober 2020 bewegt sich die Dehnung mit kurzzeitigen Schwankungen im Bereich von 1,9 mm, danach sinkt die Gesamtdehnung bis Ende 2020 marginal auf 1,7 mm ab. An dem 2-m-Ankerpunkt erfolgte im August 2015 ein deutlicher Anstieg der Gesamtdehnung auf insgesamt 0,8 mm. Dort sind seitdem größere jahreszeitliche Schwankungen der Gesamtdehnungswerte zu beobachten. Das Maximum liegt 2020, wie in den beiden Vorjahren, bei etwa 1,3 mm. Der Anstieg der progressiven Dehnungsphase fällt mit einer Dehnungsrate von etwa 2,5 mm/a im Zeitraum vom 15.04.2020 bis 15.08.2020 geringer aus als im Vorjahr, verteilt sich aber über einen längeren Zeitraum. Ende Dezember 2020 beträgt die Gesamtdehnung etwa 0,9 mm.

## Firstnivellement

Das Firstnivellement wird seit Januar 2013 an den gesetzten Firstnivellementpunkten FN 750/14, FN 750/15 und FN 750/17, den Kopfplatten der Firstextensometer FiEx750-01 bis FiEx750-06 und an festgelegten Punkten der Fissurometer 025F (FN 750/16) und 026F (FN 750/34) zur Ermittlung erhöhter bzw. ungleichmäßiger Firstsenkungen im stark durchbauten Bereich des ehemaligen Standorts der Misch- und Pumpanlage 30BA durchgeführt (s. Anhang 11.3 auf Blatt 330). Um Unterschiede in den Firstsenkungen erkennen zu können, werden die Nivellementpunkte einem in der Firste vermarkten Bezugspunkt außerhalb des Monitoringbereiches (hier FN 01/750, nordwestlich des Füllorts Schacht 2, 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.6 auf Blatt 134)) gegenübergestellt und bewertet. Die Messungenauigkeit beträgt 0,3 mm. Durch die Betonage des Stabilisierungsbauwerks im nordwestlichen Teil der Streckenaufweitung sind die Nivellementpunkte FiEx750-04 und FN 750/16 seit Oktober 2016 entfallen.

Bis zum 10.12.2020 wurden im Monitoringbereich Gesamtsenkungen in einer Bandbreite von 110 mm (an FN 750/34) bis 121 mm (an FiEx750-01) ermittelt. Die zu diesem Zeitpunkt ermittelten durchschnittlichen Absenkungsraten schwanken von minimal 14,3 mm/a an FN 750/34 bis maximal 15,5 mm/a an FiEx750-01 und sind im Vergleich zum 18.02.2020 für die Messpunkte gesunken.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 157

## Überwachung von Mauersegmenten im Bereich Faktenerhebung

Ein 2015 im westlichen Bereich des östlichen Plateaus der Faktenerhebung erstelltes Stützmauersegment wurde seitdem hinsichtlich von Verschiebungsbewegungen der Mauer insgesamt durch jeweils zwei Messbolzen im unteren, mittleren und oberen Bereich der Mauer überwacht. Nach der 2019 erfolgten Erweiterung der Mauer am Südstoß und Installation der vorgesetzten Einhausungen wurde ein neues Messkonzept mit 15 Messpunkten zur tachymetrischen Bestimmung der relativen Punktlageänderungen, verteilt über die gesamte Mauerkrone, initiiert. Drei der Messpunkte liegen im Bereich des Mauersockels vom östlichen Plateau der Faktenerhebung. Die seit dem 30.04.2020 durchgeführten Kontrollmessungen der Hochwerte belegen eine geringfügige Verschiebung der Mauerkrone nach außen um maximal 14 mm im Mauersegment westlich des Querschlags zur ELK 7/750, dort wurde auch mit 8 mm die größte seitliche Bewegung erfasst. Die größten Veränderungen der Höhe wurden im Bereich des Plateausockels mit maximal 8 mm gemessen. Insgesamt liegen die aufsummierten Werte in Anbetracht der kurzen Messdauer noch auf einem relativ niedrigem Niveau und sind für die geplante Nutzung des Bereiches unbedenklich.

## Georadarmessungen

Zuletzt wurden im Januar 2014 im Monitoringbereich Georadarmessungen an diversen Firstprofilen in der nördlichen Richtstrecke und der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten sowie auf dem verbindenden Querschlag auf der 750-m-Sohle durchgeführt [56], wobei keine akuten Gefährdungen dokumentiert wurden.

## Beobachtung der Mikroseismizität

Erhöhte mikroseismische Aktivitäten, welche zum Teil auch auf die Verfüllung bzw. Betonagetätigkeiten in der nördlichen und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten zurückgeführt werden, waren bereits 2018 weitgehend abgeklungen. Die durch eine Firstspaltverfüllung des Abbaus 4a/750 (Na2) induzierten erhöhten mikroseismischen Aktivitäten sind bis Anfang 2020 ebenfalls weitestgehend abgeklungen. In 2020 werden vermehrt mikroseismische Aktivitäten im Bereich des östlichen Abschnitts der nördlichen Richtstrecke nach Osten registriert, welche auf die Sanierungs- bzw. Betonagetätigkeiten im Bereich des Südstoßes und der Sohle zurückgeführt werden. Ein Cluster im Umfeld des Querschlags zur ELK 7/750 steht vermutlich in Zusammenhang mit Arbeiten im Bereich der Faktenerhebung. Trotz der umfangreichen betrieblichen Arbeiten zur Vorbereitung der Faktenerhebung in der ELK 12/750, ist die mikroseismische Gesamtaktivität im Monitoringbereich in 2020 im Vergleich zum Vorjahr geringfügig rückläufig.

### 4.7.3 Bewertung der Ergebnisse

Die Entfestigungserscheinungen in der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, insbesondere in dem westlichen Abschnitt im Umfeld der Streckenaufweitung, resultieren überwiegend aus der langen offenen Standzeit von etwa 100 Jahren, dem hohen Durchbauungsgrad und der Lage zwischen zwei Abbaufeldern.

Durch die weitgehende Umsetzung der u. a. in Anhang 11.4 auf Blatt 331 dargestellten Maßnahmen 1-10 wurde eine Stabilisierung im westlichen Abschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Osten erzielt.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 158

Die mikroseismischen Aktivitäten sind, bis auf einzelne Ereignisse westlich der Streckenaufweitung, weiterhin rückläufig.

Die im Vergleich zum Vorjahr überwiegend stagnierenden Dehnungsbewegungen an der Firste des Pausenplatzes belegen weiterhin den stabilisierenden Effekt der durchgeführten Sicherungsmaßnahmen. Nur an einzelnen Ankerpunkten sind kontinuierliche Zunahmen der Gesamtdehnung auf niedrigem Niveau erkennbar. Insgesamt wird der Verlauf der Messwerte zunehmend durch einen Jahresgang geprägt.

Die Firstnivelement-Absenkungsraten verhalten sich weiterhin überwiegend degressiv, wobei im östlichen Zufahrtbereich eine marginal erhöhte Absenkungsrate festzustellen ist.

In den zugänglichen Firstkontrollbohrungen wurde keine zunehmende Entfestigung im anstehenden Gestein bzw. im Sorelbeton registriert.

An dem Fissurometer, welches westlich der überlagernden A-Sohle in der nördlichen Richtstrecke nach Osten installiert ist, liegen weiterhin vom Jahresgang beeinflusste progressive und degressive Phasen der Verschiebungsbewegungen mit insgesamt rückläufigen Raten vor. Die 2020 in der progressiven Phase maximal registrierte Rissöffnungsweite liegt etwa auf dem Vorjahresniveau, der anschließende Rückgang der Öffnungsweite fällt jedoch wiederholt geringer aus als im Vorjahr. Auch in der aktuellen, ins Jahr 2021 übergehenden, progressiven Phase sind die bis Ende 2020 erkennbaren Verschiebungsraten der Rissöffnungsweiten und Scherungen niedriger als im Vorjahr. Somit liegen seit etwa 2017 stagnierende maximale Öffnungsweiten vor, Höhenversatz und Scherung zeigen nur leichte Veränderungen auf niedrigem Niveau. Die westlich des Fissurometers an einem parallelen Firstriss angebrachte Gipsmarke ist bislang unversehrt.

Die Entwicklungen der Risse, welche in den Sorelbeton-Stabilisierungsbauwerken im westlichen Abschnitt der nördlichen Richtstrecke ausgebildet sind, lassen weiterhin keine relevante Zunahme der Schädigungen erkennen. Im Bereich des geplanten Standorts zur Erkundung der ELK 12/750, am östlichen Plateau der Faktenerhebung, ist eine marginal progressive Entwicklung der überwiegend auf Abbindungsprozesse im Sorelbeton zurückgeführten Rissbildungen an den Stützmauern bzw. am Betonsockel erkennbar.

Die an den Stößen des östlichen Abschnitts der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle ausgebildeten Abschaltungen und Risse wurden 2020 im Rahmen der vorgesehenen Stabilisierungsmaßnahmen (s. Anhang 11.4 auf Blatt 331) durch einen Nachschnitt der Streckenkontur weitestgehend entfernt. Als weitere Stabilisierungsmaßnahmen erfolgten eine Betonage der Sohle sowie die weitgehende Erstellung einer Stützmauer am Südstoß, welche Anfang 2021 fertiggestellt wurde.

Zur Sanierung der durch tiefgründige Abschaltungen entfestigten Abbaue 4/750 (Na2) und 5/750 (Na2) auf der 750-m-Sohle erfolgten bereits umfangreiche Betonagearbeiten am Südstoß. Anfang 2020 wurde ein Nachschnitt der Streckenkontur im Bereich der Zufahrtsrampe (s. Anhang 11.4 auf Blatt 331) zum Abbau 5/750 (Na2) durchgeführt und ein als Podest genutztes Stabilisierungsbauwerk am geschädigten Südstoß westlich der Zufahrt zum Blindschacht 3 erstellt. Im weiteren Verlauf des Jahres 2020 lag der Schwerpunkt in diesem Abschnitt des Monitoringbereichs in der Einrichtung des Arbeitsorts zur Erkundung der ELK 12/750.

Am geschädigten Nordpfeiler, zwischen den Abbauen 4 und 5/750 (Na2), wurden keine relevanten Aufweitung bzw. Verlängerungen der Risse dokumentiert.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 159

#### 4.7.4 Fazit

Die Umsetzung der für den ursprünglichen Monitoringbereich im westlichen Umfeld der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle empfohlenen Stabilisierungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen (s. Maßnahmen 1-10 in Anhang 11.4 auf Blatt 331) [57] sind weit überwiegend erfolgt. Dabei wurden die geschädigten Stoß- und Firstabschnitte durch die Erstellung firstbündiger Stützmauern saniert und der zuvor signifikant hohe Durchbauungsgrad durch Verfüllung nicht benötigter Grubenbereiche und Hohlräume minimiert. Im westlichen Zufahrtsbereich stehen gemäß Anhang 11.4 auf Blatt 331 noch kleinräumige Sicherungsmaßnahmen aus und bei entsprechendem Monitoringverlauf wären optional ergänzende Stabilisierungsmaßnahmen, wie z. B. eine weiterreichende Verfüllung der Streckenaufweitung, vorzusehen.

Bei der Überwachung der vertikalen Firstrisse im Zufahrtsbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten zeigen sich weiterhin eher stagnierende bis rückläufige Entwicklungen der Verschiebungsbewegungen. Der vom Jahresgang bedingte Rückgang der Rissöffnungsweite fällt wiederholt geringer aus als im Vorjahr, demnach liegt tendenziell eine geringfügige Zunahme der Rissöffnungsweite vor. Die horizontalen Risse in der geringmächtigen aufgelockerten Schweben unterhalb der A-Sohle zeigen bislang keine relevante Zunahme der Öffnungsweiten.

Auch die intensiv überwachte Schädigungsentwicklung in der Firste der Streckenaufweitung mit dem Pausenplatz zeigt aktuell überwiegend eine stagnierende bzw. vereinzelt auf niedrigem Niveau fortschreitende Entfestigung. Die im Umfeld registrierten mikroseismischen Aktivitäten sind weiterhin tendenziell rückläufig. Das Firsnivellement belegt im Vergleich zum Vorjahr rückläufige Absenkungstendenzen an der Firste im Umfeld des Pausenplatzes.

Aufgrund der im östlich anschließenden Abschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Osten sowie in den Abbauen 4 und 5/750 (Na2) auf der 750-m-Sohle vorliegenden erheblichen Entfestigungen, wurden diese Bereiche, mit der Notwendigkeit umfangreicher Stabilisierungsmaßnahmen, nachfolgend in das Monitoring aufgenommen (s. Anhang 11.4 auf Blatt 331).

In Umsetzung dieser Maßnahmen erfolgte dort bereits bis September 2019 eine vollständig firstbündige Stabilisierung des entfestigten Südstoßes vom Plateau der Faktenerhebung im östlichen Bereich des Abbaus 5/750 (Na2) bis zu dem im Übergang zum Abbau 5b/750 (Na2) gelagerten Salzhauwerk. Damit einhergehend wurde der geplante Standort zur Erkundung der ELK12/750 auf dem östlichen Plateau der Faktenerhebung ertüchtigt und eingerichtet. Ab November 2019 wurde ein umfassender Konturnachschnitt im östlichen Teil der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, bis zum abgesperrten Bereich westlich des Blindschachts 3 durchgeführt und im Anschluss die Sohle mit Sorelbeton angehoben. Auch im anschließenden Zufahrtsbereich zum Abbau 5/750 (Na2) erfolgte bis Anfang 2020 ein beidseitiger Konturnachschnitt.

Insgesamt belegt das Monitoring 2020 für den westlichen Abschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, inklusive der Aufweitung mit dem Pausenplatz, eine überwiegend stagnierende bzw. sich nur geringfügig fortsetzende gebirgsmechanische Schädigung, was auf die in den letzten Jahren durchgeführten Sanierungsmaßnahmen zurückgeführt wird. Im östlichen Streckenabschnitt der nördlichen Richtstrecke nach Osten wurden bis 2019 die Auflockerungen durch einen Konturnachschnitt entfernt und die Sohle sowie 2020 der Südstoß durch Betonagemaßnahmen stabilisiert. Auch im Bereich der Zufahrtsrampe zum Abbau 5/750 (Na2) wurden ab 2020 die Schädigungen durch einen umfassenden Konturnachschnitt weitestgehend entfernt. Anschließend wurde dort der Südstoß, unmittelbar westlich der Zufahrt zum Blindschacht 3, durch ein bis unter die Radonlutte reichendes Stützbauwerk stabilisiert. Der intensiv geschädigte Südstoß im Bereich der Faktenerhebung im Abbau 5/750 (Na2) wurde bereits 2019 durch Stützmauern stabilisiert. Insgesamt zeigt sich keine relevante Zunahme der vorhandenen Schädigungen im Abschnitt des Monitoringbereichs mit den

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 160

Abbauen 4 und 5/750 (Na2). Derzeit erfolgt im Abbau 5/750 (Na2) die Einrichtung des Arbeitsorts zur Inspektion der ELK 12/750 für die Faktenerhebung.

Somit kann zum Berichtsstand die Gebrauchstauglichkeit der gesamten nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle, inklusive der Streckenaufweitung mit dem Pausenplatz, gewährleistet werden. Dies gilt auch für den Zufahrtsbereichs zum Abbau 5/750 (Na2) auf der 750-m-Sohle sowie den westlich anschließenden Standort der Faktenerhebung innerhalb der Abbaue 4 und 5/750 (Na2). Einzelne in (s. Anhang 11.4 auf Blatt 331) aufgeführte Stabilisierungsmaßnahmen stehen noch aus und müssen umgesetzt werden, um die Gebrauchstauglichkeit über die erforderliche Offenhaltungsdauer zu erhalten.

Alle bereits erfolgten und vorgesehenen Maßnahmen stehen im Einklang mit der Umsetzung der Notfallvorsorge, welche u. a. die sukzessive Stabilisierung der unteren Grubenbereiche mit Sorelbeton und einen damit einhergehenden Rückzug auf die 700-m-Sohle vorsieht.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 161

## 5 Salzlösungsmonitoring

Auf der Schachanlage Asse II ist seit 1988 ein Lösungszutritt aus dem Deckgebirge nachgewiesen. Ein solcher Lösungszutritt birgt immer die Gefahr des Ersaufens des Grubengebäudes.

Daher wird das Grubengebäude durch den Grubenbetrieb und das Geomonitoring engmaschig überwacht und an allen bekannten, relevanten Stellen wird die austretende Lösung gesammelt, mengenmäßig erfasst und hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung untersucht. Hierdurch können Veränderungen der In situ-Eigenschaften, zeitlichen Entwicklung der gefassten Mengen bzw. Fassungsraten und Lösungszusammensetzung frühzeitig erkannt werden, die auf eine das Grubengebäude gefährdende Entwicklung des Lösungszutritts hindeuten (z. B. abnehmende Dichte, Änderung/Sättigung an chemischen Komponenten). Im Rahmen des Jahresberichtes wird in diesem Kapitel ein Überblick über die wichtigsten vorliegenden Ereignisse im Jahr 2020 gegeben.

Eine ausführliche Beschreibung mit Darstellungen zu den einzelnen Lösungssammelstellen hinsichtlich Menge und Zusammensetzung der gesammelten Lösungen wird im gesonderten Salzlösungsmonitoringbericht 2020 erstellt.

### 5.1 Monitoring des Salzlösungszutritts

Die Gefährdung der Schachanlage Asse II durch zutretende Salzlösungen erfordert ein umfangreiches Monitoring der im Grubengebäude austretenden Salzlösungen. Bei diesem Salzlösungsmonitoring werden Beobachtungen und gewonnene Daten des betrieblichen Lösungsmanagements, des Geomonitorings und des Strahlenschutzes berücksichtigt. Stellen, an denen Lösungen beobachtet, aufgefangen und/oder gefasst werden, sind im Salzlösungskataster und in Berichten des Geomonitorings dokumentiert.

Es werden hierzu routinemäßig wöchentliche, 14-tägige und monatliche Kontrollbeprobungen und chemische Analysen an für die Überwachung des Salzlösungszutritts relevanten Salzlösungslokalitäten durchgeführt. Dabei werden Vor-Ort-Parameter der Lösung (Temperatur, Dichte, Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxspannung und Viskosität) und Umgebungsparameter der Salzlösungslokalitäten (Lufttemperatur, Luftdruck, relative und absolute Luftfeuchtigkeit sowie Gesteinstemperatur) erfasst und dokumentiert. Die chemischen Analysen erfolgen nach Freigabe der Proben durch den Strahlenschutz in übertägigen Laboren.

Im Jahr 2020 wurden im Qualitätssicherungslabor der Schachanlage Asse II insgesamt 325 Proben (2019: 322 Proben) zur Überwachung und Kontrolle der Lösungszusammensetzung chemisch analysiert. 260 zusätzliche Proben (260 im Vorjahr) wurden im akkreditierten Labor der Fa. K-UTEC, Sondershausen, untersucht. 63 Proben (112 im Jahr 2019) wurden im Labor des Instituts für Endlagerforschung der TU Clausthal analysiert. Zudem gingen 14 Proben an die Firma Hydroisotop GmbH zwecks Isotopenbestimmung.

### 5.2 Monitoring der Salzlösungen in der Südflanke

In der Schachanlage Asse II wurden 2020 ca. 4.646 m<sup>3</sup> (2019: 4.774 m<sup>3</sup>; 2018: 4.559 m<sup>3</sup>) Salzlösungen im Bereich der Südflanke aufgefangen. Die im Bereich der Hauptsammelstelle (L658008) auf der 658-m-Sohle gesammelten Lösungen wurden an einen externen Verwerter abgegeben. Im Jahr 2020 waren dies 4.446 m<sup>3</sup> Lösung (2019: 4.550 m<sup>3</sup>; 2018: 4.368 m<sup>3</sup>). Damit verbleiben ungefähr 200 m<sup>3</sup>

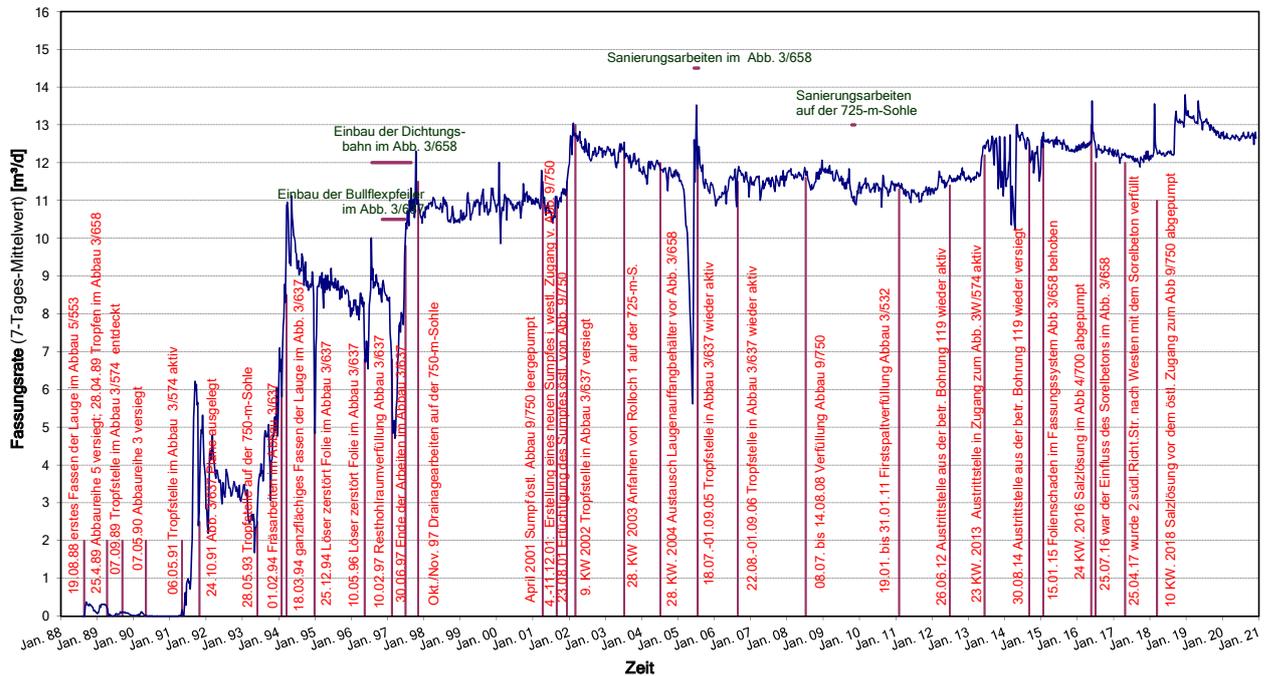


Abbildung 5.1: Fassungsrate im Baufeld der Südflanke (Wochenmittel)

nicht abgabefähiger Lösungen aus den Bereichen unterhalb der 658-m-Sohle für die Verwertung bei der Produktion von Sorelbeton A0 oder A1 im Rahmen der Hohlraumverfüllung in der Grube.

In der Abbildung 5.1 auf Blatt 162 ist die gesamte Entwicklung der im Baufeld an der Südflanke gefassten Salzlösungen seit 1988 dargestellt. Seit August 1988 wurden in den Steinsalzabbauen der Südflanke Salzlösungsaustritte entdeckt, die sich im Laufe der Jahre verlagert haben [58]. Der erste Salzlösungszutritt wurde am 19.08.1988 im Abbau 5/553 festgestellt. Die Aufnahme der ersten Tropfstelle im Abbau 3/658 erfolgte am 28.04.1989. Im Abbau 3/574 wurde am 07.09.1989 eine Austrittsstelle detektiert. Die zugetretenen Salzlösungen sickerten auch in tiefere Grubenbereiche der Abbaureihe 3 an der Südflanke und traten auf der 637-m-Sohle und 658-m-Sohle als veränderte (alterierte) Salzlösungen aus. Um eine bessere Fassung der Salzlösungen in der Abbaureihe 3 zu schaffen, wurde unter anderem im Mai 1991 eine Bohrung gestoßen, die die Abbaue 3/637 und 3/658 miteinander verband und die Fassung der Lösungen auf die 658-m-Sohle konzentrierte.

Bis Ende August 1991 stieg die Fassungsrate auf der 658-m-Sohle auf ca. 6 m³/d an. Während die Austrittsstelle im Abbau 3/637 weiter abnahm, konnte ein Anstieg der im Abbau 3/658 aufgefangenen Salzlösung von rund 2,7 m³/d im Juni 1997 auf 9,8 m³/d im Dezember 2001 bis hin zu einem Maximalwert von 12,6 m³/d am 16.02.2002 verzeichnet werden. Im Verlauf, von einigen Schwankungen abgesehen, betrug die Zutrittsrate im Mittel für den Zeitraum August 1997 bis Februar 2002 ca. 10,4 m³/d. Von 2002 bis Mitte 2005 nahmen die Fassungsraten ab, die durchschnittliche Fassungsrate lag bei ca. 12,1 m³/d. Zwischen Juni 2005 und Mai 2013 schwankten die Fassungsraten um den Mittelwert von ca. 11,5 m³/d. Mitte 2013 wurde ein leichter Anstieg registriert, bis September 2018 schwankten die Fassungsraten um durchschnittlich ca. 12,3 m³/d. An der Hauptfassungsstelle im Abbau 3/658 wurde von Ende September 2018 bis Anfang Oktober 2018 ein erneuter Anstieg der Fassungsrate registriert. Bis Ende des Jahres 2018 lag die mittlere Fassungsrate bei ca. 12,5 m³/d. Nach dem kurzzeitigen Anstieg der Fassungsrate Ende 2018 fiel die Fassungsrate an der Südflanke bis Ende 2019 leicht wieder. Der Mittelwert der gefassten wässrigen Lösungen betrug für diesen Zeitraum ca. 13,1 m³/d. Im gesamten Jahr 2020 lag die Fassungsrate relativ konstant bei (durchschnittlich) ca. 12,7 m³/d.

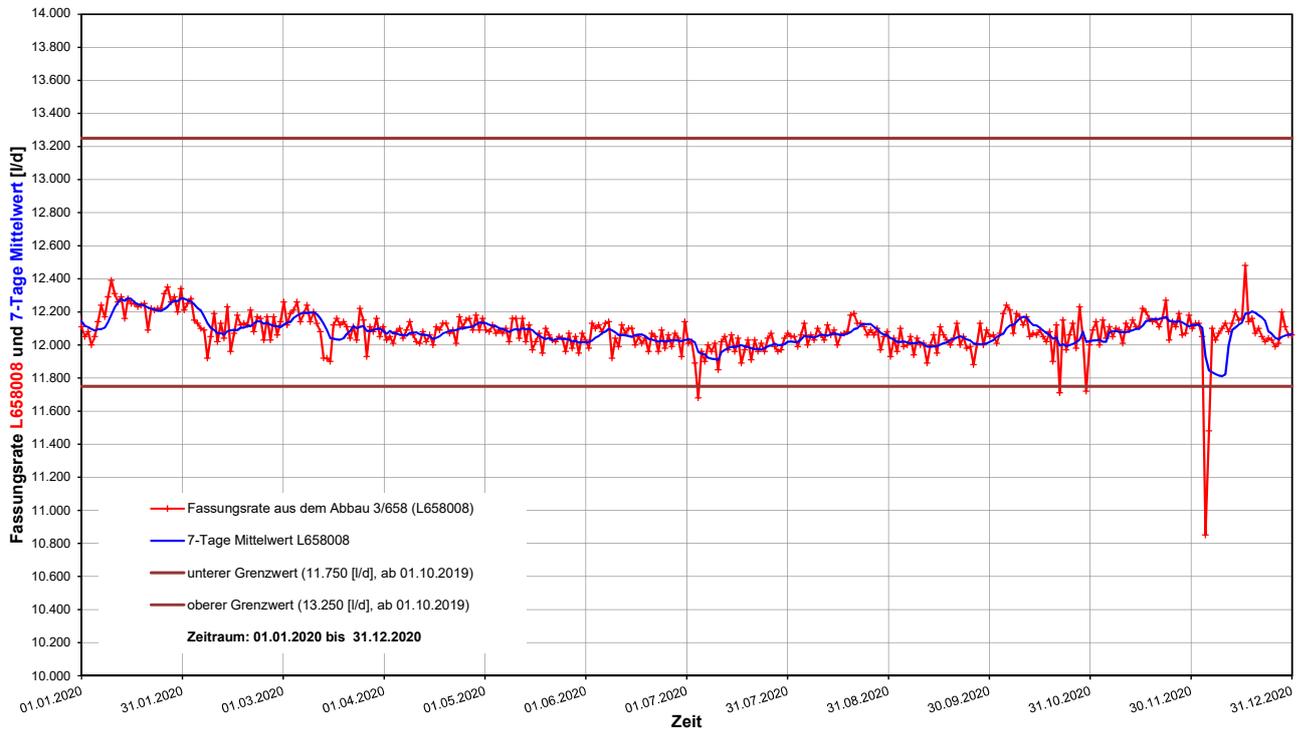


Abbildung 5.2: Fassungsrate aus dem Bereich der 658-m-Sohle im Jahr 2020

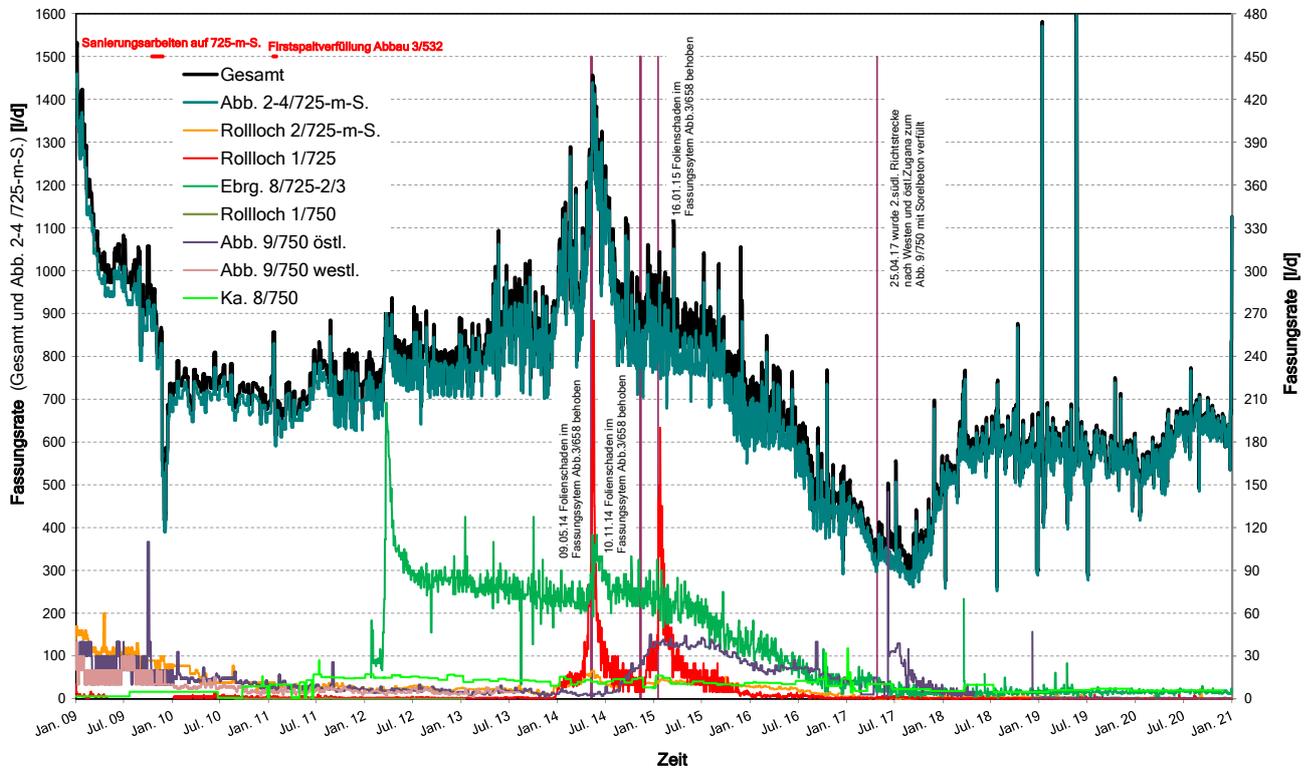


Abbildung 5.3: Fassungsrate im Bereich der Südflanke auf der 725- und 750-m-Sohle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 164

Da unmittelbar unterhalb der 658-m-Sohle keine zugängigen Grubenbereiche waren, auf denen die salinaren Lösungen hätten gefasst werden können, konnten diese bis ins Niveau der 750-m-Sohle migrieren. 1993 wurden erste Tropfen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle zunächst am Rolloch 2 und später auch am Rolloch 1 festgestellt. 2001 wurden im östlichen und westlichen Zugang zum Abbau 9/750 neue Laugensümpfe eingerichtet, da hier die Auffangmengen sukzessive nach oben gingen. Durch das Auffahren der Gleitbogenausbaustrecke am nördlichen Stoß der Abbaue 1 bis 4 auf der 725-m-Sohle gelang es seit November 2003 einen Teil der Lösung bereits auf der 725-m-Sohle zu fassen und so die Migration zur 750-m-Sohle erheblich zu reduzieren [58].

Im Zuge der anstehenden und inzwischen zum großen Teil erfolgten Verfüllung der Strecken und Hohlräume im Südwesten der 750-m-Sohle sowie der Abdichtmaßnahmen zum Schutz der Einlagekammern ((ELK)[3], [2]) haben sich die Fassungsraten auf der 750-m-Sohle weiter sukzessive reduziert (Abbildung 5.3 auf Blatt 163 und Abbildung 5.7 auf Blatt 168). Eine Reihe von Katasterlokalitäten konnte daraufhin wieder abgeworfen werden. Die verbliebenen Lokalitäten wurden durch Monitoringbohrungen, die aus dem Bereich der Wendelstrecke 700- bzw. 679-m-Sohle erstellt wurden, angeschlossen.

Im Jahr 2020 schwankten die durchschnittlichen Fassungsraten der Hauptfassungsstelle L658008 im Abbau 3/658 (10,9 m<sup>3</sup>/d – 12,5 m<sup>3</sup>/d) sowie an der Südflanke insgesamt (11,4 m<sup>3</sup>/d – 13,2 m<sup>3</sup>/d) nur gering. Die durchschnittlichen Fassungsraten betragen an der L658008 12,1 m<sup>3</sup>/d (2018 und 2019 bei 12,5 m<sup>3</sup>/d) und an der Südflanke insgesamt 12,7 m<sup>3</sup>/d (s. Abbildung 5.2 auf Blatt 163).

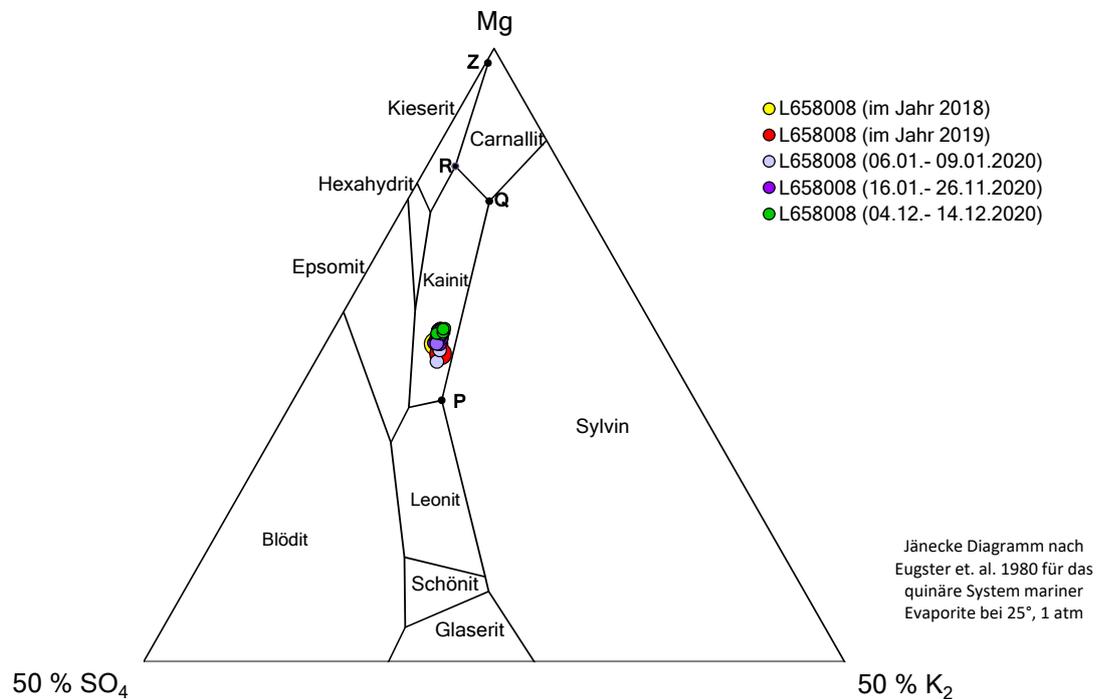


Abbildung 5.4: Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Abbau 3/658 (L658008) von 2018 bis 2020 /Jänecke-Diagramm

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

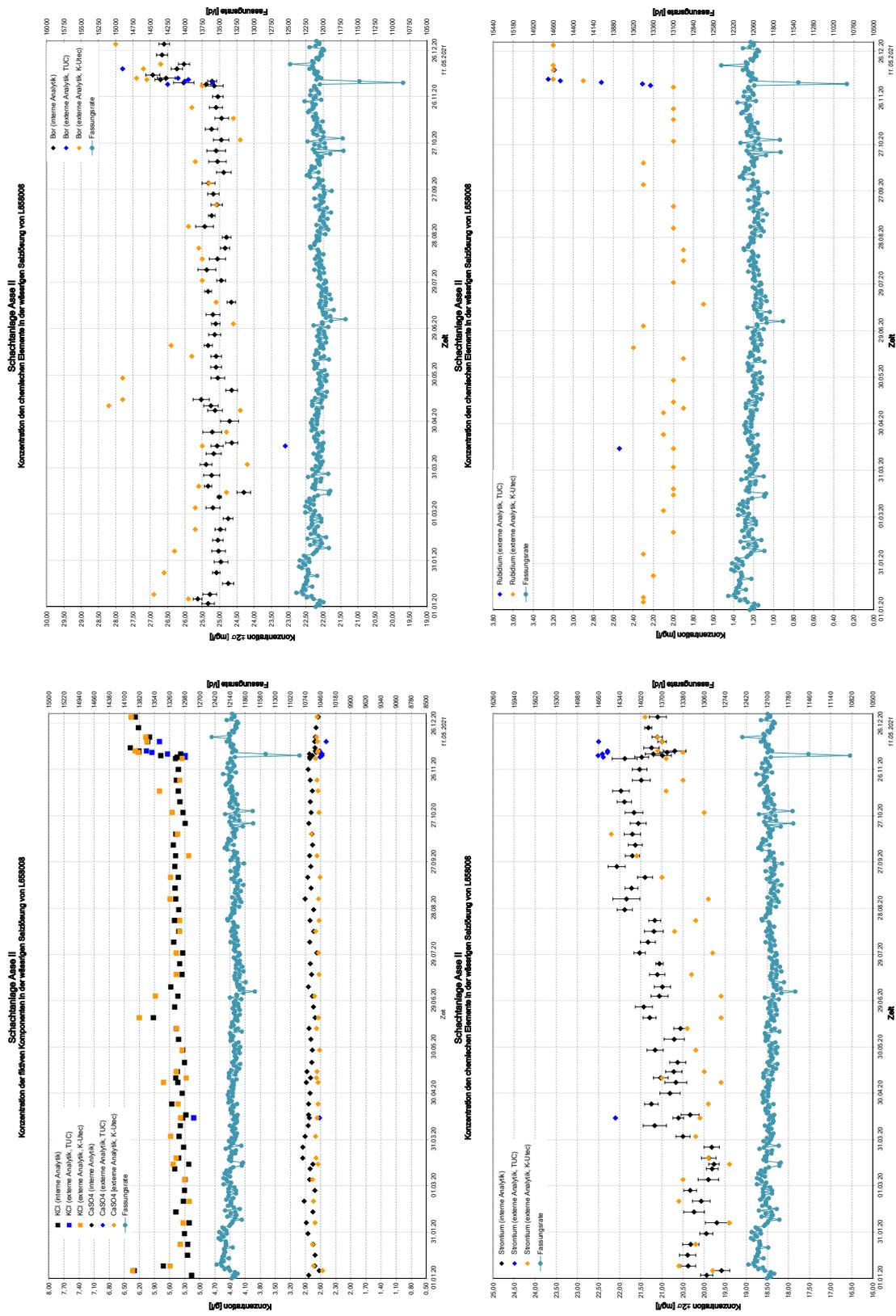


Abbildung 5.5: Veränderungen der KCl- und CaSO<sub>4</sub>-, B-, Sr- und Rb-Konzentrationen der Salzlösung an L658008 im Jahr 2020

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 166

Die Entwicklung der Fassungsraten auf den unterschiedlichen Sohlen im Bereich der Südflanke ist Abbildung 5.6 auf Blatt 167 und Abbildung 5.3 auf Blatt 163 zu entnehmen. Ab Mitte August 2019 nahm die mittlere Fassungsrate von ca. 12,6 m<sup>3</sup>/d auf ca. 12,1 m<sup>3</sup>/d leicht ab (Abbildung 5.6 auf Blatt 167), im Jahr 2020 blieb sie relativ konstant mit geringer Schwankungsbreite um den Wert 12,1 m<sup>3</sup>/d. Lediglich zum Jahreswechsel 2020/2021 war ein kurzfristiger Anstieg der Fassungsrate im Bereich der Abbaue 2-4/725 zu verzeichnen (Abbildung 5.3 auf Blatt 163).

Die Ergebnisse der chemischen Analysen von der Lösung aus der Hauptfassungsstelle im Bereich des Abbaues 3/658 (L658008) ergaben trotz leicht abnehmender Fassungsraten bei den Gehalten von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat sowie bei den Spurenelementen keine relevanten Veränderungen, die von den langfristigen Trends abweichen (Abbildung 5.2 auf Blatt 163 und Abbildung 5.4 auf Blatt 164). Einzige Auffälligkeiten war eine kurzzeitige Abnahme der Salzlösungsmenge im Zeitraum vom 05.12. bis 14.12.2020. Diese ging einher mit einer sprunghaften Veränderung in der Chemie (u.a. B, Rb, Sr, Mg und K), die auch im Jahr 2021 noch teilweise fortbesteht (s. Abbildung 5.5 auf Blatt 165). Die Klärung der Ursachen für diese Veränderungen steht noch aus.

Im Bereich der Abbaue 2-4/725 wurde eine leichte Zunahme der Fassungsmenge bis Mitte 2020 ermittelt, anschließend nahmen die Fassungsraten wieder stufenweise ab (Abbildung 5.3 auf Blatt 163). Im Verlaufe von 2020 nahmen die MgCl<sub>2</sub>-Konzentrationen leicht ab (um ca. 4 g/l) und die NaCl-Konzentrationen leicht zu (ca. 4 g/l).

Mit der Zulassung des neuen Hauptbetriebsplans [59] am 01.10.2019 gelten im 7-Tage-Mittel neue Grenzwerte für die Bandbreite der Fassungsraten der Ffassungsstelle im Abbau 3/658 (unterer Grenzwert: 11,75 m<sup>3</sup>/d; oberer Grenzwert: 13,25 m<sup>3</sup>/d). Die Bandbreite der 7-Tage-Mittelwerte lag in 2020 zwischen 11,8 m<sup>3</sup>/d und 12,3 m<sup>3</sup>/d. An der Hauptfassungsstelle im Abbau 3/658 wurde lediglich am 05.12.2020 eine kurzfristige Abnahme (bis 10,9 m<sup>3</sup>/d) der Fassungsrate registriert, die sich im 7-Tage-Mittelwert relativiert, so dass die Meldeschwellen, basierend auf den 7-Tage-Mittelwerten, im Berichtszeitraum eingehalten wurden.

In Abbildung 5.7 auf Blatt 168 ist die prozentuale Verteilung der täglich gefassten Lösungsmengen in der Südflanke für verschiedene Teufenbereiche dargestellt. Seit Juni 2013 werden auch Lösungen oberhalb der 637- und 658-m-Sohle gefasst, die 2020 jedoch lediglich noch einen Anteil von <0,01 % der täglich im Bereich der Südflanke aufgefangenen Lösungsmengen umfassten. Der größte Anteil der gefassten Lösungen in der Südflanke wird auf der 658-m-Sohle gesammelt (ca. 95 %).

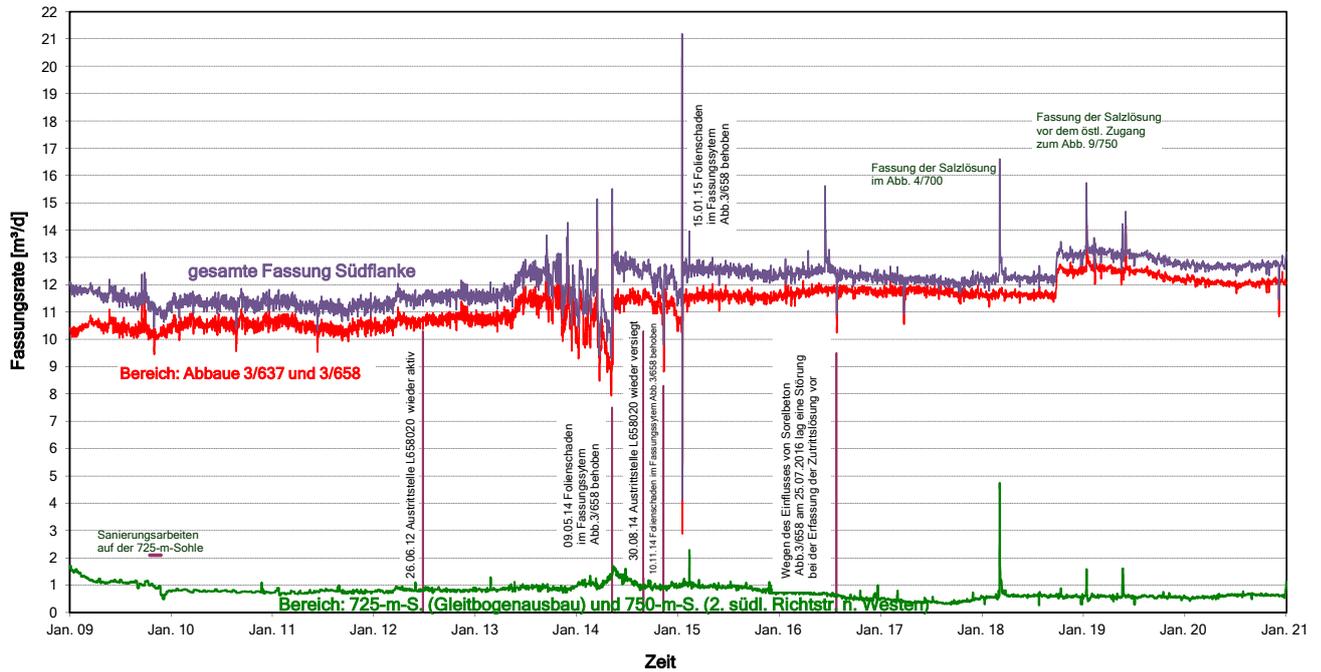


Abbildung 5.6: Tägliche Fassungsgate im Bereich des Baufeldes der Südflanke

Auf der 725-m-Sohle werden im Bereich der Südflanke Lösungen gesammelt, die nicht im Bereich der 658-m-Sohle aufgefangen werden. Dieser Anteil hat gegenüber dem Vorjahr, wie in Abbildung 5.7 auf Blatt 168 ersichtlich, unwesentlich zugenommen und liegt für das Jahr 2020 bei ca. 5 % (2019: 4%). Die absolute mittlere Fassungsgate lag 2020 bei 605 l/d, auch sie hat im Vergleich zum Vorjahr geringfügig zugenommen (2019: 579 l/d).

Oberhalb der 637- und 658-m-Sohle, d. h. genauer auf der 553-m-Sohle, gibt es eine Auffangstelle im Bereich der Abbaubegleitstrecke nördlich Abbau 3/553, an der im Jahr 2020 nur sehr geringe Fassungsraten beobachtet wurden ( $\leq 0,2$  l/d; Abbildung 5.8 auf Blatt 168). Auf der 490-m-Sohle werden in einer Bohrung aus dem Abbau 9/490 in den Abbau 8/490 (Katasterlokaltät P490009) zusätzlich geringe Mengen von ca. 0,5 l/d (2019 von 0,6 l/d) gefasst. Bis auf einen kurzfristigen Anstieg in der ersten Januarwoche 2020 (1,0 l/d) wurden relativ konstante Fassungsraten registriert.

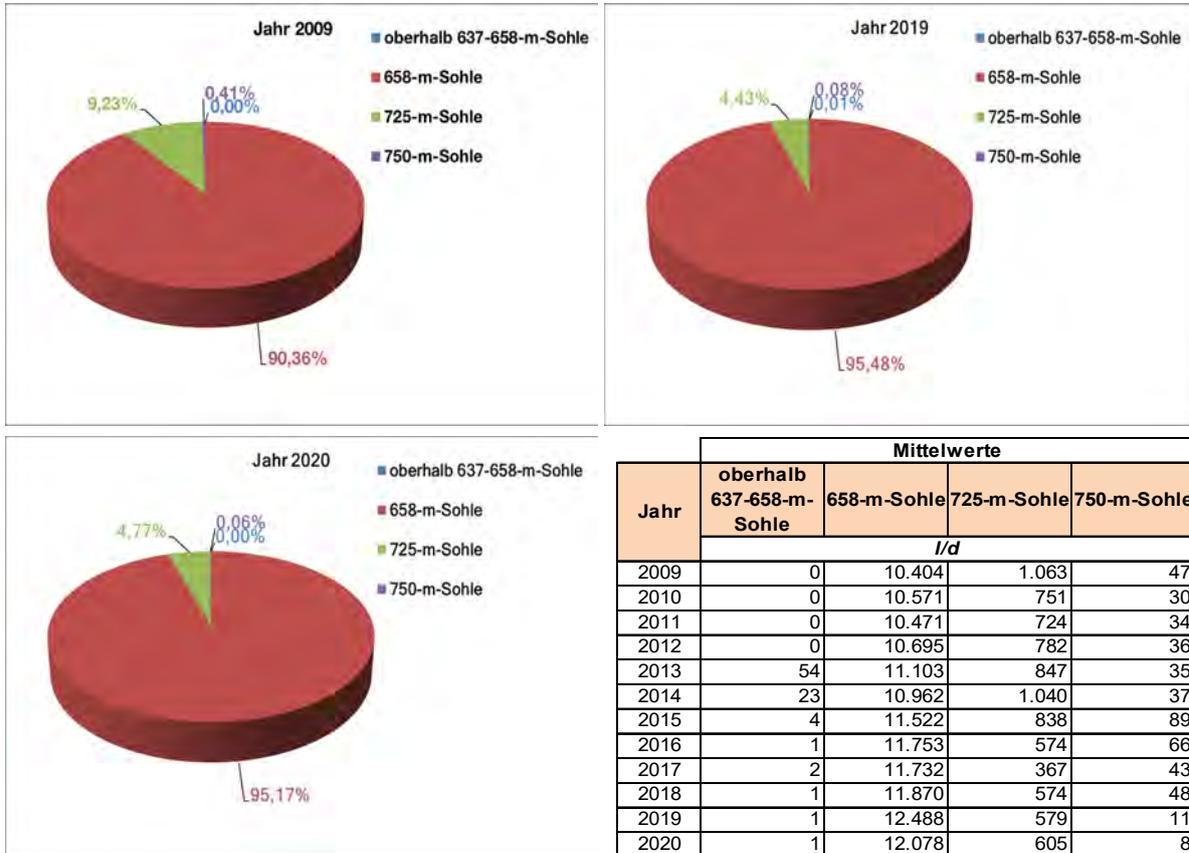


Abbildung 5.7: Prozentualer Anteil der täglich gefassten Lösungen auf den einzelnen Sohlen, bezogen auf die täglich gefasste Gesamtmenge in der Südflanke

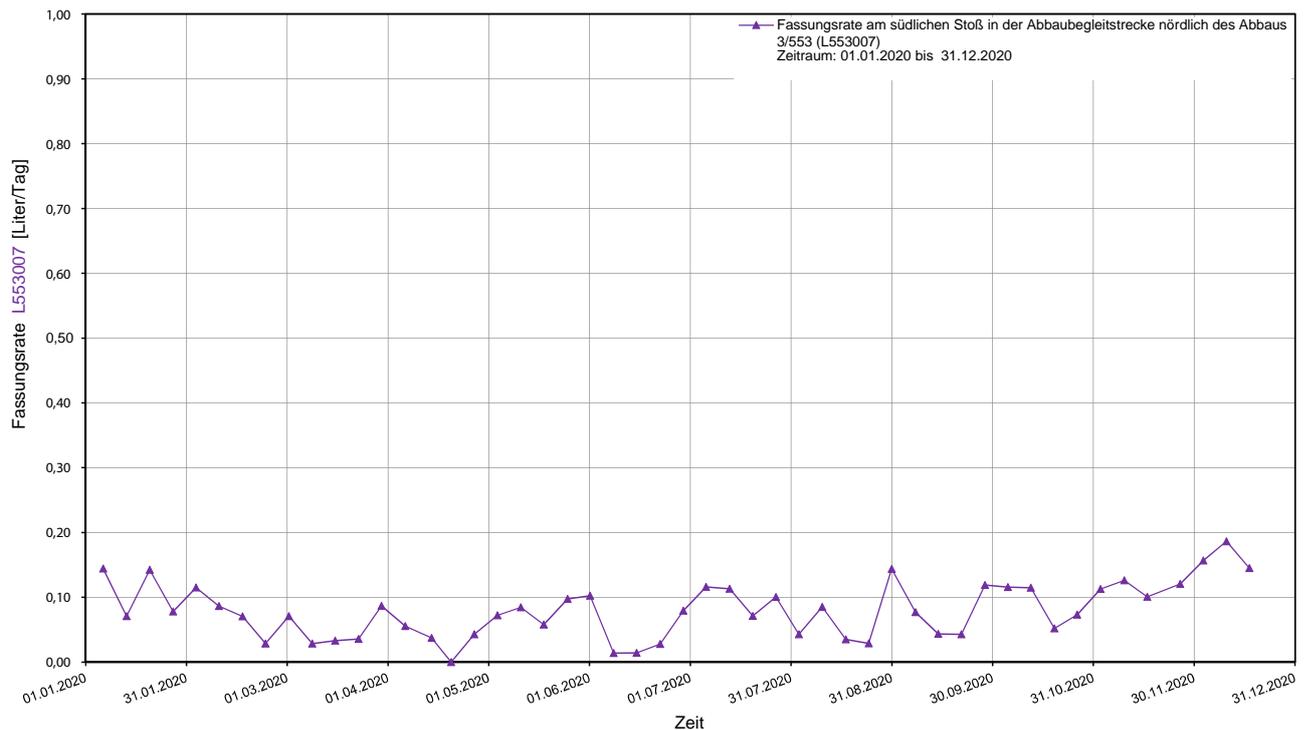


Abbildung 5.8: Fassungsrate aus dem Bereich 553-m-Sohle

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse
Blatt: 169

### 5.3 Monitoring der Salzlösungen in der Nordflanke

Im Bereich der Nordflanke wurden in der Vergangenheit aus mehreren Auffangstellen in Sümpfen, Behältern und Erkundungsbohrungen der 750-m-Sohle wässrige Salzlösungen gefasst, bei denen es sich sowohl um Versatzlösungen als auch um Lösungen aus einem Reservoir außerhalb des Grubengebäudes handelt [60]. Zukünftig ist vorgesehen, die an der Nordflanke auf der 750-m-Sohle zutretenden salinaren Lösungen nicht mehr direkt in den Sümpfen zu fassen, sondern in Bohrungen, die von der 700-m-Sohle angebunden und abgepumpt werden. Die Umstellung der Fassung der Lösungen mittels Bohrungen erfolgt bereits seit etwa 2016. Im Hauptbetriebsplan 2015/2017 ist zur genaueren Lokalisierung von Lösungszutritten aus dem Carnalittbaufeld die Erstellung von Erkundungsbohrungen vorgesehen, die in Abhängigkeit vom Erkundungsergebnis zur Lösungsfassung genutzt werden sollen. Diese Bohrungen sind auch Teil der Notfallplanung, aber derzeit für den Bereich der Nordflanke noch in Planung.

In 2020 gab es eine technische Veränderung des Fassungssystems im Nordwesten der 750-m-Sohle. Die Lokalitäten im Bereich der ehemaligen Reichelt-Sümpfe sind seit dem 09.06.2020 nicht mehr zugänglich, es werden dort keine Salzlösungen mehr gesammelt bzw. abgepumpt, da der Bereich 2020 fachgerecht mit Sorelbeton verfüllt wurde. Die Verfüllung dieses Bereiches erfolgte auf der Grundlage des Notfallplanes der Schachanlage Asse II ([3], [2]) und zusätzlich auf Grund der gebirgsmechanischen ungünstigen Situation und des hohen Schädigungsgrades im Nordwesten der 750-m-Sohle.

Die Fassungsmenge im Bereich der Nordflanke lag im Jahr 2020 bei 111 m<sup>3</sup> (2019: ca. 105 m<sup>3</sup>). Das entspricht einer mittleren Fassungsrate von 0,3 m<sup>3</sup>/d für 2020, gleich wie in 2019. In Abbildung 5.9 auf Blatt 169 ist die Entwicklung der Fassungsrate grafisch dargestellt.

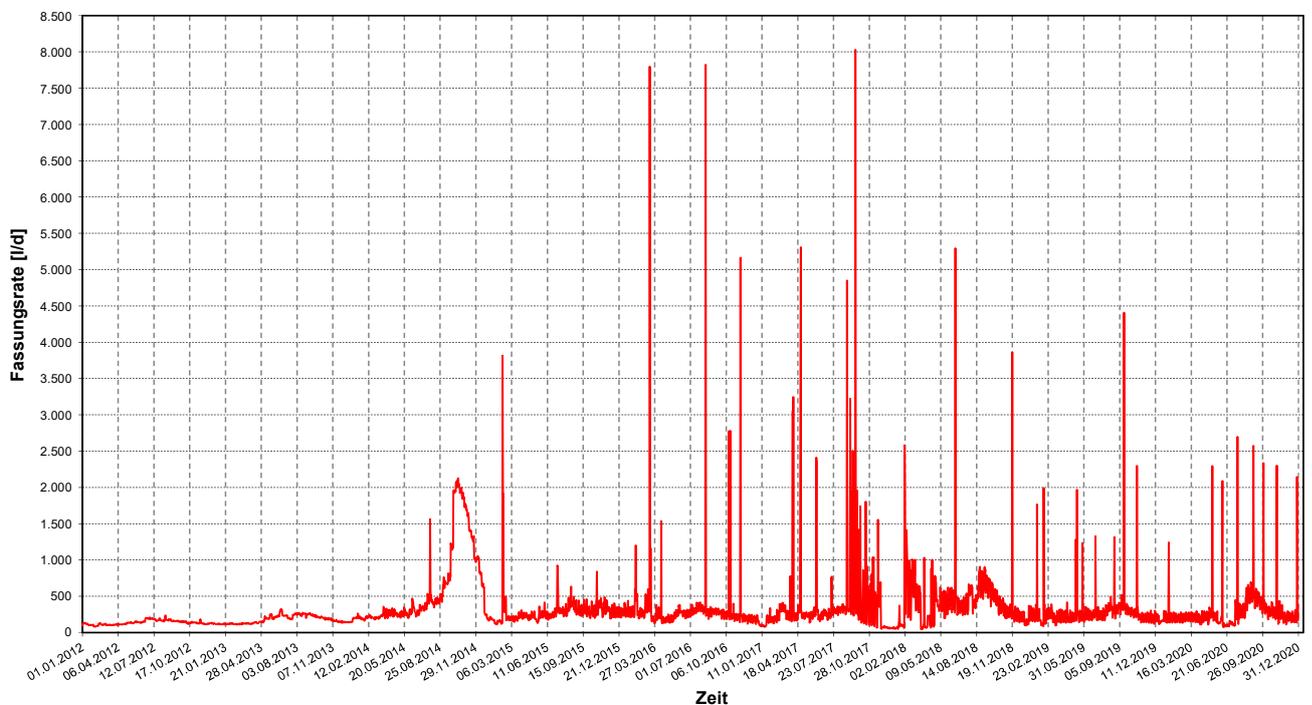


Abbildung 5.9: Tägliche Fassungsrate aus dem Bereich der Nordflanke

Die ersten Hinweise auf salinare Lösungen im Bereich der Nordflanke der 750-m-Sohle stammen aus dem Betriebsplan vom 01.10.1912 bis 30.09.1913, in dem von einer in Richtung Kaliabbau 11 West gestoßenen Bohrung berichtet wird, die lösungsführend war und trotzdem bis in den Allerton verlängert worden war. Es liegen nur wenige Daten (Fassungsraten, chemische Analysen, usw.) vor. Es wird

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 170

aber angenommen, dass die Lösungen aus den beim Abteufen des Schachtes Asse 2 durchörterten Anhydritmitteln stammten [61].

Es liegen wenige, zum Teil widersprüchliche, Daten [58] über eine weitere Bohrung vor, die in den Durchhieb zwischen den Kaliabbauen 11 und 10 West gestoßen worden war, sowie 1941 freigelegt und trocken vorgefunden wurde. Man konnte jedoch an Auswaschungen erkennen, dass früher erhebliche Mengen an Salzlösung in die versetzten Firsten geflossen sein mussten. Eine abschließende Bewertung dieser historischen Zutrittsstelle ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.

1939 war es im offengelassenen Kaliabbau 14 West, in 728 m Teufe aus einem breiten horizontalen Riss an der Grenze zwischen dem Kalisalzlager und dem hangenden Leine-Steinsalz zu einem größeren Salzlösungszufluss gekommen [58], deren austretende Lösungen jedoch auf der 750-m-Sohle (ehemalige Reichelt-Sümpfe) gefasst worden waren. Insgesamt wurden mehrere Zutrittsstellen in den Kaliabbauen 13 und 14 festgestellt. Am 08.08.1939 wurden an zwei Stellen folgende maximale Zutrittsraten gemessen: 98,8 m<sup>3</sup>/d im Kaliabbau 13 und 14 West und 6,6 m<sup>3</sup>/d im Kaliabbau 10 West.

Im Oktober 1939 versiegte die primäre Zutrittsstelle im Kaliabbau 14 West und die Fassungsrate der auf der 750-m-Sohle gesammelten salinaren Lösungen verringerte sich auf 1 m<sup>3</sup>/d [62]. Im Zeitraum von August bis Dezember 1941 erhöhte sich die Zutrittsrate bis auf maximal 3,4 m<sup>3</sup>/d, bis sie sich letztendlich gegen Null annäherte. Die gefassten Salzlösungen wurden zwischen August 1939 und September 1943 regelmäßig beprobt und analysiert, es handelte sich um gesättigte, wässrige MgCl<sub>2</sub>-Lösungen (mittlerer MgCl<sub>2</sub>-Gehalt: 337 g/l), die vermutlich aus einem isolierten Speicherreservoir stammten.

Zwischen 1943 und 1996 ist die Datenlage (Zuflussraten, Dichten, Temperaturen und Analysen) [62] über die auf der 750-m-Sohle aufgefangenen wässrigen Salzlösungen sehr gering. Die aufgefangenen Salzlösungsmengen schwanken von 0,2 m<sup>3</sup>/d bis 0,7 m<sup>3</sup>/d. Die Zusammensetzung der gesättigten, wässrigen MgCl<sub>2</sub>-Lösungsmengen (mit geringen NaCl-Gehalten) blieb konstant. Es wurde ein geschlossenes Reservoir angenommen, die Herkunft dieser Lösungen konnte nicht abschließend geklärt werden [62].

Südlich der Kaliabbau werden bis heute noch in Sohlenvertiefungen, Sümpfen und Bohrungen geringe Mengen hochmineralisierter Salzlösungen aus den Carnallitbereichen gesammelt.

Aufgrund der vorliegenden Daten ist nicht auszuschließen, dass Salzlösungen aus dem westlichen Teil des Carnallitbaufeldes nach Osten bis in die dortigen Einlagerungskammern (ELK) migrieren und dort Radionuklide mobilisieren. Um dem entgegenzuwirken, wurden zusätzliche Erkundungsbohrungen angelegt und der Hauptquerschlag nach Norden mit Sorelbeton verfüllt. So wird der weitaus größte Teil der Lösungen im Westflügel des Carnallitbaufeldes abgepumpt und gesammelt und nur geringe Mengen östlich des Hauptquerschlages nach Norden.

Östlich des Hauptquerschlages nach Norden werden seit 2014 wässrige Lösungen aus zwei Bohrungen in der Nähe des ehemaligen Blindschachtes 4 (750-m-Sohle) regelmäßig abgepumpt. 2020 wurden dort ca. 6,5 m<sup>3</sup> gefasst (2019: 6,4 m<sup>3</sup>; 2018: 6,4 m<sup>3</sup>; 2017: 3,2 m<sup>3</sup>; 2016: 4,7 m<sup>3</sup>; 2015: 8,8 m<sup>3</sup> und 2014: 12,1 m<sup>3</sup>). Im Nordwesten (Bereich des ehemaligen Reichelt-Sumpfes) wurden über Bohrungen im Jahr 2020 49,5 m<sup>3</sup> Salzlösung abgepumpt (2019: 52,7 m<sup>3</sup> und 2018: 87,6 m<sup>3</sup>). Damit wurde in der Nordflanke 2020 insgesamt rund 56,0 m<sup>3</sup> wässrige Salzlösung (2019: 59,1 m<sup>3</sup>) über Bohrungen gefasst (61 % der Gesamtmenge der Nordflanke).

#### 5.4 Monitoring der Salzlösung im Tiefenaufschluss

Der Bereich unterhalb der 775-m-Sohle (Tiefenaufschluss) ist bereits bis in das Sohlenniveau der 850-m-Sohle vollständig mit ca. 86.000 m<sup>3</sup> Salzversatz, ca. 81.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton und ca. 12.000 m<sup>3</sup>

Schotter verfüllt. Im Anschluss an die Verfüllung wurde in den Porenraum des Versatzes der 975-m-Sohle ca. 12.000 m<sup>3</sup> MgCl<sub>2</sub>-dominierte Lösung eingeleitet. Aufgrund der anhaltenden Konvergenz im Tiefenaufschluss kommt es seit Anfang 2007 zu einem Anstieg des Lösungspegels in die darüberliegenden Sohlen. Der Pegelstand der Salzlösung wird seitdem mit Hilfe von Porenwasserdruckgebern und Lichtlotmessungen überwacht. Ende 2020 steht die Lösung im Tiefenaufschluss bei ca. -707 mNN (900 m Teufe, Abbildung 5.10 auf Blatt 171). Die Anstiegsrate beträgt für das Jahr 2020 ca. 7 m/a (2019: 5 m/a). Der aktuell erhöhte Anstieg ist plausibel, da dieser im Bereich zwischen der 900-m- und 925-m-Sohle erfolgt und dort im Verhältnis nur wenig Porenraum in der mit Salz versetzten Wendelstrecke zur Verfügung steht.

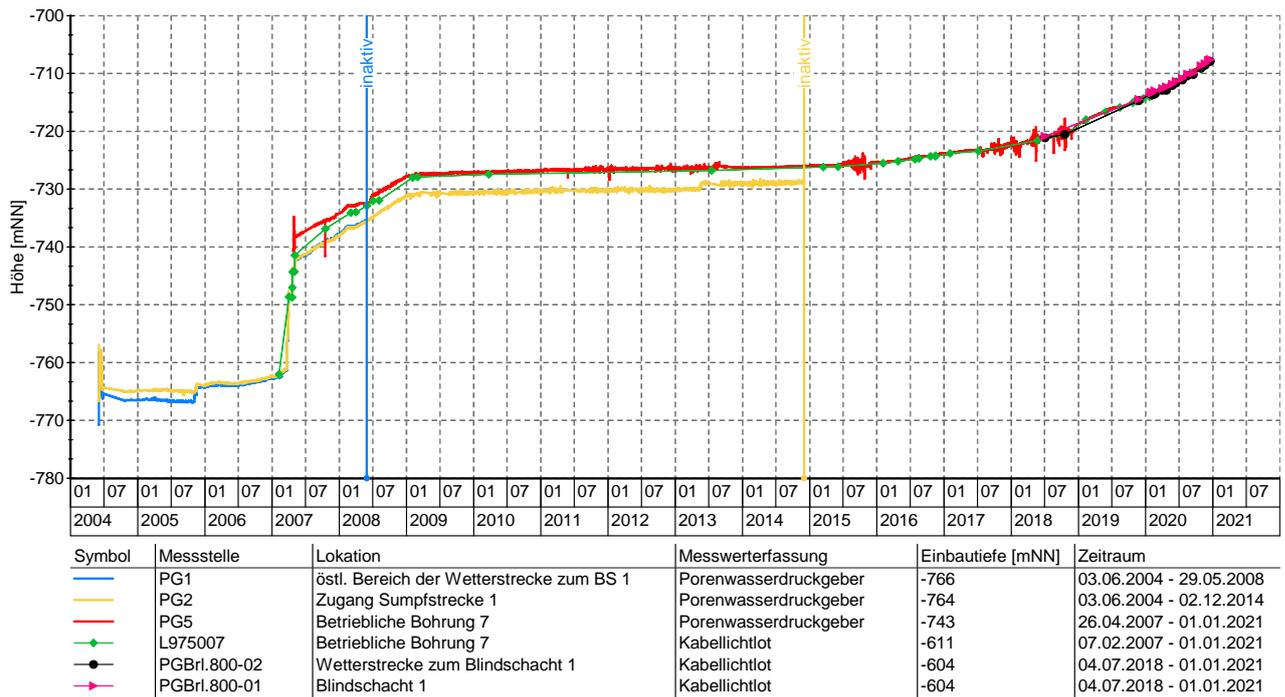


Abbildung 5.10: Verlauf des Pegelstands der Salzlösung im Tiefenaufschluss

## 5.5 Geochemisches Monitoring der Salzlösungen

Die geochemische Überwachung der Salzlösungszutritte in der Schachanlage Asse II ist eine wichtige Aufgabe, um frühzeitig geochemische Veränderungen zu erkennen und angemessen reagieren zu können. Das (geo)chemische Monitoring der wässrigen Salzlösungen wird hinsichtlich kurzfristiger und langfristiger Veränderungen bewertet. Die Salzlösungen werden aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und ihres Antreffens im Grubengebäude in nachfolgende Ausgangslösungstypen unterteilt: Geogene Restlösungen, Metamorphoselösungen, anthropogene Betriebslösungen (beinhaltet u. a. Versatzlösungen; Lösungen aus der Kali-Produktion/Heißlöseverfahren), Wetterlösungen und Deckgebirgslösungen (auf und unterhalb der 658-m-Sohle; westliches Baufeld der Südflanke). Die (geo)chemische Zusammensetzung der derzeit im Salzlösungsmonitoring enthaltenen Lösungen kann Tabelle 5.1 auf Blatt 175 entnommen werden.

Restlösungen, also salinare Lösungen, die innerhalb der Evaporitgesteine gespeichert sind, zeichnen sich im Grubengebäude der Schachanlage Asse II durch eine chemisch nahezu konstante Zusammensetzung sowie durch hohe Br-Gehalte (6.800 ppm bis 8.600 ppm) und Dichten von ca. 1,3 g/cm<sup>3</sup> aus. Diese Lösungen umfassen in der Regel nur begrenzte Volumina, die nach einer gewissen Zeit versiegen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 172

Tatsächliche, geogene Restlösungen sind im Grubengebäude der Asse bekannt, werden jedoch nicht zu den für das Salzlösungsmonitoring relevanten Lokalisationen gezählt. Sie sind volumenmäßig begrenzt.

Ein Beispiel für eine geogene Restlösung ist die Lösung, die an der Katasterlokation P637026 angebohrt wurde. Diese Bohrung wurde von der 595 m Sohle in die ehemalige Diagonalstrecke auf der 658-m-Sohle gestoßen. Die Lösung wurde am 25.11.2015 geochemisch analysiert. Die Dichte betrug  $1,35 \text{ g/cm}^3$  bei einer Temperatur von  $31 \text{ °C}$ . Der  $\text{MgCl}_2$ -Gehalt lag bei  $493 \text{ g/l}$ , der  $\text{NaCl}$ -Gehalt bei  $3,9 \text{ g/l}$  und der Brom-Gehalt bei  $9,4 \text{ g/l}$ .

Metamorphoselösungen lassen sich ganz grob als  $\text{MgCl}_2$ -reiche Lösungen mit niedrigen Na-, K- und Sulfatgehalten, relativ hohen Br- und Li-Gehalten und Dichten um  $1,3 \text{ g/cm}^3$  beschreiben. Es handelt sich hierbei um Lösungen, die während der Reaktion von Lösungen mit salinaren Gesteinen entstanden sind („Umkristallisation“). Keine der im Salzlösungsmonitoring inbegriffenen Lösungen lässt sich eindeutig als geogene Metamorphoselösung deuten. Anthropogene Lösungen können ebenfalls eine auf die Haupt- und Spurenelemente bezogene (geo)chemisch ähnliche Zusammensetzung haben wie natürliche Metamorphoselösungen.

Bei den anthropogenen Betriebslösungen handelt es sich in der Regel um  $\text{MgCl}_2$ -führende Lösungen, die im Rahmen der betrieblichen Maßnahmen im Grubengebäude entstehen. Es können Versatzlösungen, Wetterlösungen sowie Schachttropfwässer unterschieden werden. Die in 2020 gefassten Lösungen im Bereich der Nordflanke der Schachanlage Asse II, überwiegend auf der 750-m-Sohle, u. a.:

- 1) im Bereich des Nordwestens (P750189, P750061 repräsentativ für die zwei verschiedenen Fließwege),
- 2) des Querschlages zu den Kaliabbauen 3/4 West (P750040) und
- 3) im Bereich des Hauptquerschlages nach Norden (P750154) (Tabelle 5.1 auf Blatt 175)

werden zu den Betriebslösungen gezählt. Sie sind an Anhydrit, Carnallit, Halit, Kainit, Polyhalit,  $\pm$  Kieserit,  $\pm$  Hexahydrit, und  $\pm$  Sylvit gesättigt und liegen im quaternären System nach [63], basierend auf Jänecke, bei  $25 \text{ °C}$  und  $1 \text{ atm}$  in der Nähe der invarianten Punkte Q und R (Abbildung 5.12 auf Blatt 174). Die Menge an Feuchtigkeit, die mit dem nassen Rückstandssalz aus der Verarbeitung als Versatz eingebracht wurde, kann die in Summe im Nordfeld gefassten Lösungsmengen nicht alleine erklären. Es muss hier davon ausgegangen werden, dass ein Teil der an der Nordflanke gefassten Salzlösung einem außerhalb des Grubengebäude gelegenen Reservoir entstammt [16]. Als anthropogene Versatzlösungen sind die Lösungen im Tiefenaufschluss anzusprechen (Abbildung 5.13 auf Blatt 174).

Deckgebirgslösungen der Südflanke sind an  $\text{NaCl}$  gesättigte Lösungen mit Dichten zwischen ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$  und ca.  $1,3 \text{ g/cm}^3$  (Tabelle 5.1 auf Blatt 175). Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind die Lösungen im Abbau 3/658 (L658008) chemisch gesehen den Lösungen im Deckgebirge am ähnlichsten [64], [65]. Eine gewisse Reaktion zwischen primären Lösungen aus dem Deckgebirge und dem Salzstock ist nicht auszuschließen, jedoch dürfte diese, aufgrund der geringen zurückgelegten Migrationswege und der kurzen Verweilzeiten im Salinar als sehr gering einzuschätzen sein [66]. Wenn diese Lösungen der Schwerkraft folgend auch auf tieferen Sohlen austreten, sind sie durch längeren Kontakt mit dem Gebirge (Salinar), der Grubenluft und infolge zunehmender Verdunstung mehr oder weniger stark verändert (alteriert). In diese Kategorie fallen, nach bisheriger Deutung, nahezu alle Lösungen (unterhalb der 658-m-Sohle), die im Bereich der Südflanke auftreten bzw. aufgefangen werden (Abbildung 5.11 auf Blatt 173). Die wässrige Salzlösung der Fassungsstelle am Rolloch 1 auf der 725-m-Sohle (L725005) ist geochemisch den Lösungen der Nordflanke sehr ähnlich. Sie ist chemisch als Metamorphoselösung anzusprechen, ist aber eine stark alterierte Deckgebirgslösung. Versatzlösungen sind auch in der Südflanke bekannt, sind aber nicht Teil des Salzlösungsmonitorings.

Um die Herkunft der Deck- bzw. Nebengebirgslösungen zu klären, werden die Ergebnisse aus den Erkundungsbohrungen R10 und R11 sowie weitere geochemische Untersuchungen beitragen. Ein vorläufiges geochemisches Modell, das die Fließwege nachzeichnet, ist [67] zu entnehmen. Die Studie [64] kommt zu dem Schluss, dass die Deckgebirgslösungen vermutlich aus dem Röt-Salinar migrieren.

Die neuen Daten bestätigen die geochemischen Tendenzen der letzten Jahre, teils Jahrzehnte. Die wesentlichen Schlussfolgerungen sind: Die Änderungen in der Lösungszusammensetzung der Salzlösungen der Hauptfassungsstelle im Abbau 3/658 (L658008) sind unauffällig geblieben und haben die seit 1997 zu beobachtenden niedrigen  $MgCl_2$ - und hohen  $NaCl$ -Gehalte beibehalten.

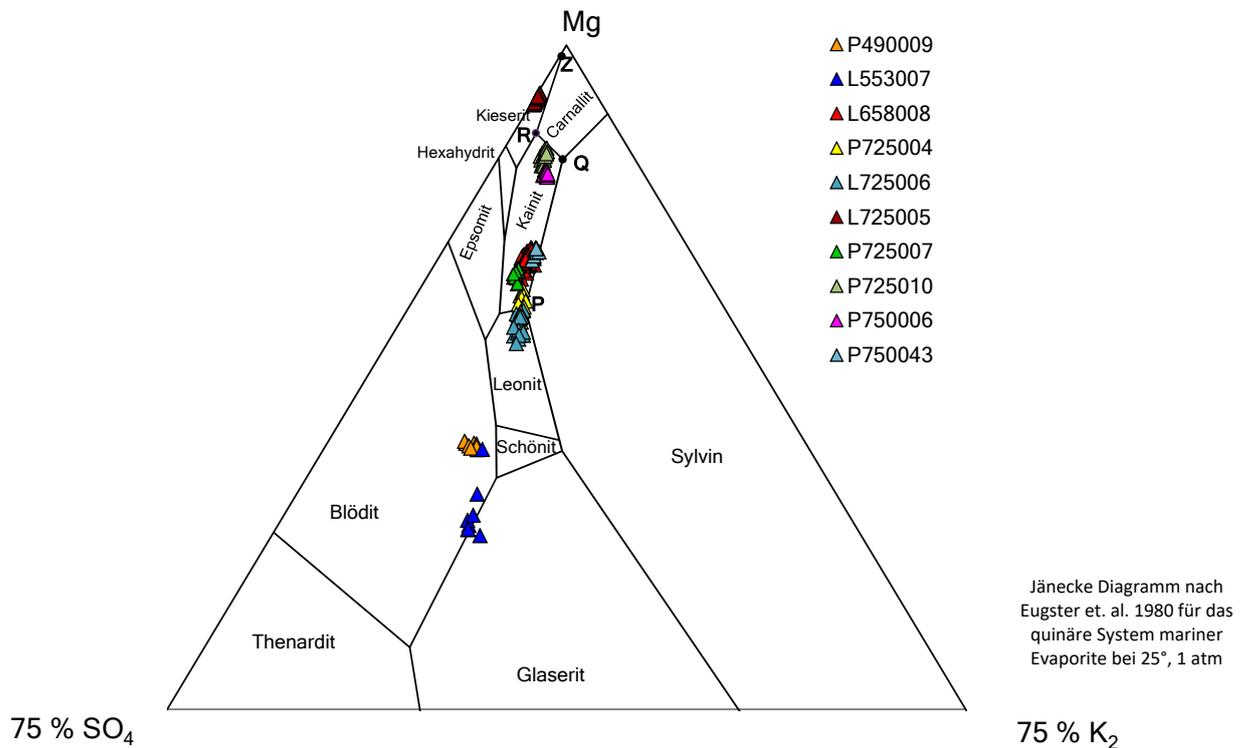


Abbildung 5.11: Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Bereich der Südflanke

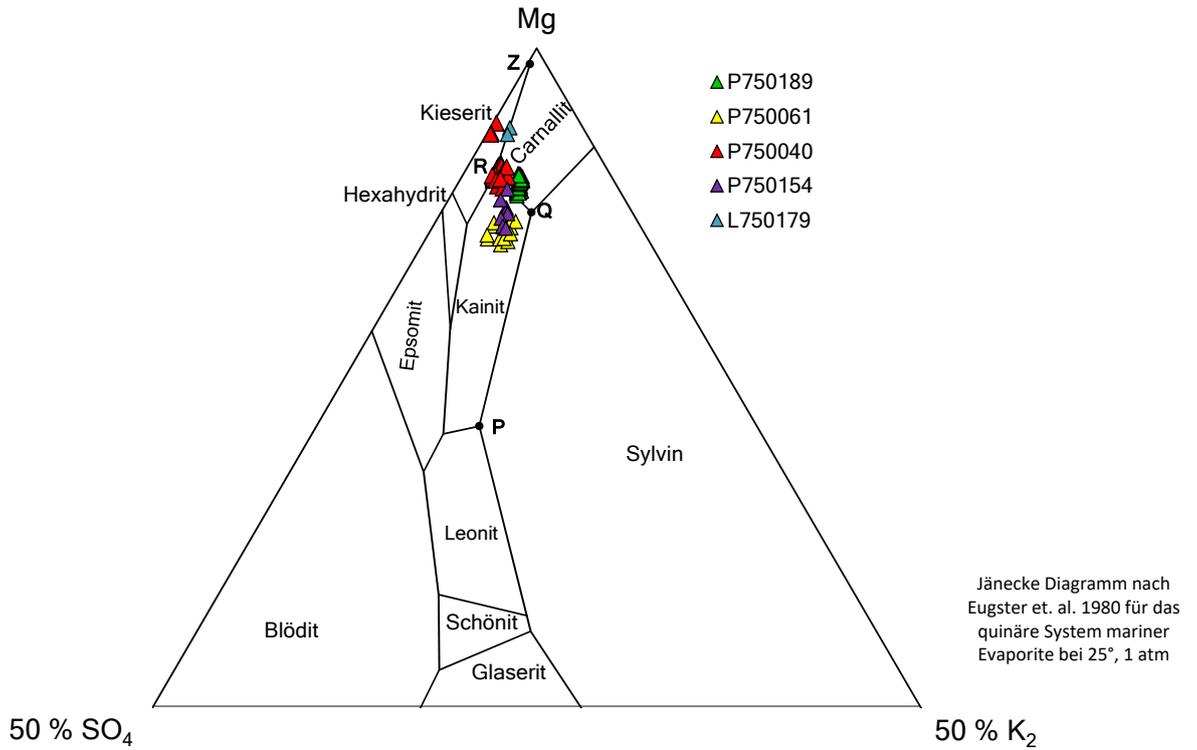


Abbildung 5.12: Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Bereich der Nordflanke

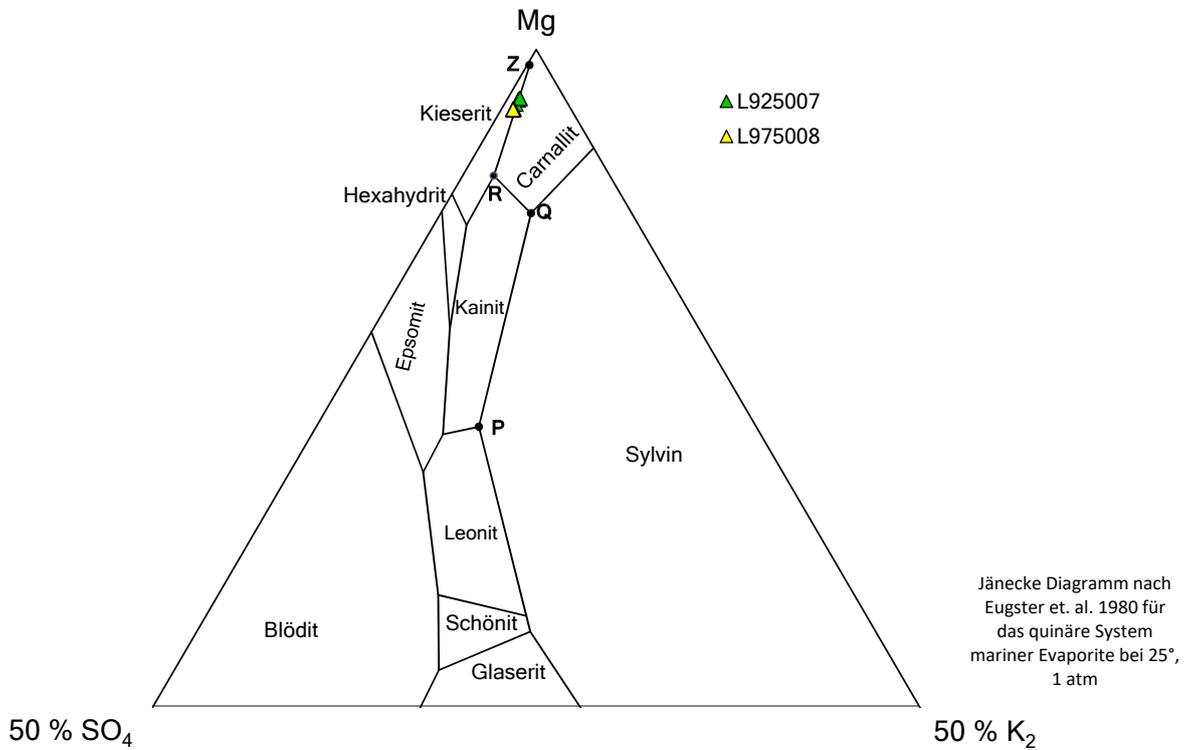


Abbildung 5.13: Chemische Zusammensetzung der Salzlösungen aus dem Bereich des Tiefenaufschlusses

Tabelle 5.1: Zusammenfassung der wichtigsten geochemischen Parameter der in 2020 analysierten Lösungen.

Kataster-code	Typ	Proben-Anzahl 2020	Laborwerte																					
			Na [mg/l]		K [mg/l]		Mg [mg/l]		Ca [mg/l]		Cl [mg/l]		SO <sub>4</sub> [mg/l]		Li [mg/l]		Sr [mg/l]		Rb [mg/l]		B [mg/l]		Br [mg/l]	
			von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis
P490009	Betriebslösung	4	75164	72821 - 77300	26326	24600 - 27546	34942	34153 - 35499	20,8	19,5 - 22,1	186764	184140 - 188560	74349	73009 - 75500	5,55	5,28 - 5,94	<LOD	-	9,9	8,9 - 10,4	76,4	70,7 - 80,5	1569	1427 - 2070
L553007	Betriebslösung/alterierte Deckgebirgslösung	8	73158	52900 - 82600	43051	35900 - 46700	38760	30400 - 56800	46,9	32,0 - 65,1	186232	182000 - 201000	105623	89900 - 118000	3,55	2,74 - 5,34	<LOD	-	16,7	13,7 - 18,8	96	74,0 - 142,0	1214	912 - 2200
L658008	leicht alteriert Deckgebirgslösung	62	111283	108000 - 114219	3290	2708 - 9040	8721	7950 - 10147	806	735 - 870	193251,92	190000 - 197310	8767	7350 - 9747	2,29	1,98 - 3,40	20,9	19,4 - 22,5	2,31	1,70 - 3,25	25,8	23,1 - 33,5	355	330 - 386
P725004	alterierte Deckgebirgslösung	12	96509	93875 - 98757	8138	7480 - 8555	17699	16800 - 18300	422	386 - 468	193665	189490 - 197390	19117	18000 - 20166	2,92	2,60 - 3,28	13,7	13,1 - 14,7	5,1	4,7 - 5,7	33,6	32,0 - 35,5	865	809 - 926
L725006	alterierte Deckgebirgslösung	13	86494	73901 - 92100	12163	9851 - 15325	23950	12007 - 32200	369	302 - 439	193912	187020 - 198000	27443	23500 - 34600	5,56	4,57 - 7,38	15,6	14,0 - 18,5	6,8	5,5 - 9,4	56,1	47,1 - 76,7	1299	1120 - 1690
L725005	sekundäre Deckgebirgslösung/Betriebslösung	12	1743	1200 - 2380	1080	935 - 1440	129575	125026 - 134000	30,0	21,8 - 37,7	357304	346590 - 368170	30876	27153 - 34500	8,8	4,1 - 12,2	<LOD	-	6,8	<LOD - 0,3	107,6	58,6 - 143,6	5786	4057 - 7260
P725007	alterierte Deckgebirgslösung	12	52189	49428 - 56600	16307	15471 - 17400	48018	45138 - 50300	154	140 - 170	202759	197210 - 205000	43415	41239 - 46200	5,90	5,18 - 6,83	<LOD	-	12,8	12,1 - 13,5	58,0	53,7 - 61,8	2407	2170 - 2730
P725010	alterierte Deckgebirgslösung	12	19194	14829 - 30700	11684	10900 - 12500	78212	66300 - 84538	112	80 - 170	246191	230000 - 260250	28823	26900 - 30900	6,92	5,45 - 8,16	1,74	0,58 - 4,62	11,3	10,5 - 12,3	66,8	60,3 - 71,0	3840	3438 - 4330
P750006	alterierte Deckgebirgslösung	10	23304	20873 - 26505	13899	13113 - 14400	71345	66000 - 74957	162	113 - 240	234350	225000 - 243970	29582	26900 - 31648	7,4	6,0 - 10,6	0,08	0,04 - 0,23	24,4	23,1 - 26,2	58,4	51,4 - 65,5	3105	2880 - 3295
P750043	alterierte Deckgebirgslösung	12	26492	25500 - 28000	23883	23100 - 24700	67008	65500 - 68800	126	64 - 179	222583	218000 - 224000	49292	46500 - 52300	9,4	7,8 - 11,7	0,05	0,02 - 0,09	24,7	21,5 - 28,4	60,3	52,6 - 75,7	2683	2600 - 2790
P750189	Metamorphoselösung/Betriebslösung	49	7346	6650 - 8460	13931	12446 - 15400	97362	94213 - 109977	28,0	20,6 - 34,1	287322	277750 - 299060	26749	24515 - 29200	2,48	1,99 - 4,30	<LOD	-	29,6	26,1 - 32,0	99	88 - 105	3354	3010 - 3860
P750061	Metamorphoselösung/Betriebslösung	7	8346	7169 - 8960	16770	13685 - 19200	94929	91872 - 98200	39,4	24,0 - 64,1	274256	265000 - 282540	40314	33809 - 46700	21,4	11,7 - 34,2	<LOD	-	36,7	27,8 - 43,3	161	127 - 210	3273	2996 - 3800
P750040	Metamorphoselösung/Betriebslösung	12	5269	1902 - 7130	7296	958 - 11100	105477	99500 - 130869	26,1	20,3 - 38,9	297438	281000 - 363310	32357	29824 - 34600	1,61	1,26 - 2,26	<LOD	-	13,2	0,10 - 24,9	96,7	85,2 - 126	3521	3040 - 4600
P750154	Metamorphoselösung/Betriebslösung	4	7350	6150 - 8370	14772	12100 - 17200	97813	95959 - 101279	22,3	18,4 - 24,5	282348	278300 - 293460	36563	32626 - 39400	1,89	1,42 - 2,59	<LOD	-	34,4	24,9 - 38,6	76,5	67,6 - 88,6	3373	2935 - 4160
L750179	Betriebslösung	1	4401	4291 - 4510	4911	4832 - 4990	108686	107000 - 110371	30,6	28,9 - 32,2	309770	303000 - 316540	22778	22577 - 23300	37,6	35,6 - 39,6	<LOD	<LOD - 0,89	0,80	-	160	153 - 167	7885	7639 - 8130
L925007	Betriebslösung	2	5733	5200 - 6470	2650	2582 - 2720	101320	99300 - 103112	129	83 - 181	295664	290000 - 302290	13125	12300 - 14400	2,2	1,4 - 3,2	0,61	0,44 - 0,77	1,88	1,30 - 2,19	34,5	29,0 - 40,6	3795	2939 - 4560
L975008	Betriebslösung	2	4673	3900 - 5200	2796	2653 - 2900	104449	102000 - 106320	80	50 - 118	301928	296000 - 307530	16561	16300 - 16903	3,2	2,4 - 4,6	0,80	0,78 - 0,82	2,17	2,15 - 2,19	50,9	46,5 - 55,6	4153	3901 - 4340

Kataster-code	Typ	Proben-Anzahl 2020	Vor-Ort Parameter				Fassungsrate				Isotopen							
			T [°C]		ρ [g/cm³]		[l/d]		δ <sup>18</sup> O [‰]		δ <sup>2</sup> H [‰]		δ <sup>34</sup> S-SO <sub>4</sub> [‰]		δ <sup>18</sup> O-SO <sub>4</sub> [‰]		<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	
			von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	
P490009	Betriebslösung	4	33,2	32,8 - 33,6	1,267	1,266 - 1,267	0,53	0,25 - 1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
L553007	Betriebslösung/alterierte Deckgebirgslösung	8	33,9	33,5 - 34,4	1,297	1,277 - 1,310	0,08	0,01 - 0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
L658008	leicht alteriert Deckgebirgslösung	62	31,3	31,0 - 31,6	1,205	1,204 - 1,206	12078	10850 - 12480	-8,26	(-8,51) - (-8,00)	-57,8	(-58,8) - (-56,8)	11,6	11,1 - 12,4	8,4	7,7 - 9,8	0,708353	0,708311 - 0,708380
P725004	alterierte Deckgebirgslösung	12	33,3	32,3 - 34,0	1,216	1,216 - 1,217	598	407 - 1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L725006	alterierte Deckgebirgslösung	13	34,1	31,9 - 35,9	1,226	1,221 - 1,235	2,09	0,00 - 22,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L725005	sekundäre Deckgebirgslösung/Betriebslösung	12	35,3	34,5 - 36,1	1,362	1,358 - 1,370	0,24	0,05 - 3,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P725007	alterierte Deckgebirgslösung	12	34,8	33,6 - 35,6	1,251	1,245 - 1,269	1,00	0,37 - 1,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P725010	alterierte Deckgebirgslösung	12	34,9	34,5 - 35,6	1,267	1,251 - 1,277	17,9	5,00 - 60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P750006	alterierte Deckgebirgslösung	10	33,8	31,3 - 34,6	1,263	1,255 - 1,267	0,45	0,10 - 0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P750043	alterierte Deckgebirgslösung	12	33,9	29,8 - 34,6	1,276	1,272 - 1,279	5,97	5,91 - 6,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P750189	Metamorphoselösung/Betriebslösung	49	34,8	32,0 - 37,4	1,304	1,303 - 1,305	144,9	32,5 - 380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P750061	Metamorphoselösung/Betriebslösung	7	31,6	31,2 - 32,0	1,310	1,306 - 1,314	12,0	5,71 - 40,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P750040	Metamorphoselösung/Betriebslösung	12	28,2	25,9 - 31,1	1,317	1,308 - 1,360	39,4	0,00 - 250,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P750154	Metamorphoselösung/Betriebslösung	4	31,0	29,8 - 32,1	1,310	1,309 - 1,311	15,1	1,66 - 35,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L750179	Betriebslösung	1	33,7	-	1,320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L925007	Betriebslösung	2	37,9	37,8 - 38,0	1,296	1,296 - 1,296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L975008	Betriebslösung	2	37,8	37,6 - 37,9	1,306	1,305 - 1,306	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kataster-code	Typ	Proben-Anzahl 2020	Gerechnete Salzkonzentration																Min. Sättigung						
			CaSO <sub>4</sub> [g/l]		CaCl <sub>2</sub> [g/l]		MgSO <sub>4</sub> [g/l]		MgCl <sub>2</sub> [g/l]		MgBr <sub>2</sub> [g/l]		Mg <sub>3</sub> B <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [g/l]		KCl [g/l]		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]		NaCl [g/l]		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]		H <sub>2</sub> O		
			von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	von... bis	
P490009	Betriebslösung	4	0,08	0,07 - 0,09	0,0	0,0	99,9	93,2 - 107,4	67,3	61,2 - 75,1	1,94	1,78 - 2,38	0,35	0,33 - 0,37	54,1	46,8 - 60,5	0,0	0,0	205	189 - 222	0,0	0,0	842	805 - 877	Halit; Blödit
L553007	Betriebslösung/alterierte Deckgebirgslösung	8	0,16	0,11 - 0,22	0,0	0,0	132	112 - 148	46,2	29,2 - 103	1,44	1,05 - 2,53	0,45	0,34 - 0,66	82,1	68,5 - 89,0	0,0	0,0	186	135 - 210	0,0	0,0	850	832 - 863	Polyhalit; Syngenit; Blödit; Glaubert; Glaserit; Halit; Schönit; Leonit
L658008	leicht alteriert Deckgebirgslösung	62	2,74	2,49 - 2,96	0,0	0,0	8,56	6,88 - 9,89	27,3	25,2 - 32,1	0,41	0,38 - 0,44	0,12	0,11 - 0,16	5,56	5,12 - 6,38	0,0	0,0	283	275 - 290	0,0	0,0	879	869 - 889	Anhydrit/(Gips-metastabil); Halit
P725004	alterierte Deckgebirgslösung	12	1,43	1,31 - 1,59	0,0	0,0	22,7	21,2 - 24,0	51,1	47,2 - 54,4	1,00	0,93 - 1,07	0,16	0,15 - 0,17	15,5	14,3 - 16,3	0,0	0,0	245	239 - 251	0,0	0,0	882	873 - 890	Anhydrit; (Gips-metastabil); Halit; Glaubert
L725006	alterierte Deckgebirgslösung	13	1,25	1,03 - 1,49	0,0	0,0	33,3	28,1 - 42,4	67,0	57,4 - 92,9	1,50	1,30 - 1,94	0,26	0,22 - 0,31	23,2	18,8 - 29,2	0,0	0,0	220	188 - 234	0,0	0,0	883	877 - 890	Anhydrit; Glaubert; (Gips-metastabil); Halit
L725005	sekundäre Deckgebirgslösung/Betriebslösung	12	0,10	0,07 - 0,13	0,0																				

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 176

## 5.6 Fazit und Bewertung

Die Lösungsaustritte im Baufeld an der Südflanke umfassen in 2020 in Summe ca. 4.646 m<sup>3</sup>, wovon 4.421 m<sup>3</sup> auf die Hauptfassungsstelle (L658008) entfallen. Die Fassungsraten sind insgesamt sehr konstant, nur am 05.12.2020 wurde eine kurzfristige Abnahme der Fassungsrate an der Hauptauffangstelle auf der 658-m-Sohle auf 10,9 m<sup>3</sup>/d registriert, die signifikant von einer sonst mittleren Fassungsrate von ca. 12,1 m<sup>3</sup>/d abweicht (12,7 m<sup>3</sup>/d im gesamten Baufeld der Südflanke). Im Bereich der Nordflanke wurden in 2020 in Summe ca. 111 m<sup>3</sup> wässrige Salzlösungen aufgefangen, was einer mittleren Fassungsrate von ca. 0,3 m<sup>3</sup>/d entspricht. Im Tiefenaufschluss steht die Salzlösung bei ca. –707 mNN bzw. 900 m Teufe, was konvergenzbedingt einer Anstiegsrate von ca. 7 m/a in 2020 entspricht.

Die Ergebnisse des geochemischen Monitorings von der wässrigen Salzlösung aus der Hauptauffangstelle im Bereich des Abbaus 3 auf der 658-m-Sohle (L658008) ergaben keine relevanten Veränderungen gegenüber vorherigen Jahren und folgen dem langzeitlichen Trend. Alle chemischen Analysen, In situ- und Umgebungsparameter werden ausführlich im Salzlösungsbericht des Geomonitorings Asse 2020 dokumentiert. Bei den Salzlösungen der Südflanke handelt es sich um Deckgebirgslösungen, die aber durch die Gegebenheiten im Grubengebäude (Beeinflussung durch Wetter etc.) teils stark alteriert wurden. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind die Lösungen im Abbau 3/658 (L658008) chemisch gesehen primären Lösungen am ähnlichsten. Die neuen Daten bestätigen die geochemischen Tendenzen der letzten Jahre, teils Jahrzehnte. Die Änderungen in der Lösungszusammensetzung der Salzlösungen der Hauptfassungsstelle im Abbau 3/658 (L658008) sind unauffällig geblieben und haben die seit 1997 zu beobachtenden niedrigen MgCl<sub>2</sub>- und hohen NaCl-Gehalte beibehalten. Die Lösungen der Nordflanke (Westflügel) lassen sich geochemisch betrachtet als Betriebslösungen bezeichnen. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Teil der an der Nordflanke gefassten Lösungen einem außerhalb des Grubengebäudes gelegenen Reservoirs entstammt.

Die im Rahmen des Salzlösungsmonitorings durchgeführten Probenahme, Pegelmessungen und chemischen Analysen erlauben eine differenzierte Bewertung der Katasterstellen und ermöglichen darauf aufbauend eine Einschätzung der Zutrittssituation insgesamt. Die einzelnen Fassungs-systeme werden als intakt eingeschätzt.

Aufgrund der gebirgsmechanischen Situation und ggf. geochemischer Lösungsprozesse kann jederzeit eine Verlagerung des Lösungszutritts oder eine progressive Entwicklung der Fassungs-raten eintreten. Daher ist eine sichere Prognose zur Entwicklung des Lösungszutritts nicht möglich. Im Fall einer Verlagerung oder eines starken Anstiegs der Fassungs-raten kann eine fast vollständige Fassung der Lösungen oberhalb der 750-m-Sohle nicht gewährleistet werden. Daher ist eine schnellstmögliche Herstellung der Notfallbereitschaft, die auch die Stabilisierung des Baufeldes an der Südflanke beinhaltet, weiterhin im Sinne einer Risikominimierung erforderlich. Für die Planung und sichere Durchführung der Rückholung sowie die daran anschließende Stilllegung ist ein laufendes geochemisches Monitoring der Zutrittssituation der wässrigen Salzlösungen eine wesentliche Voraussetzung.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 177

## 6 Bau- und Versatzstoffe

Auf der Schachtanlage Asse II werden verschiedene Versatzstoffe zur Hohlraumreduzierung und damit zur Stabilisierung des Grubengebäudes sowie zur Abdichtung der Einlagerungsbereiche eingebracht. Alle verwendeten Baustoffe werden bei der Anlieferung und der Weiterverarbeitung überwacht. Dabei werden in der Anlieferung Untersuchungen vom Steinsalz, vom Magnesiumoxid, der Magnesiumchloridsole und an Injektionsmörteln durchgeführt. Bei der Verarbeitung unter Tage werden sowohl die Einzelkomponenten, als auch die Mischungen der Komponenten routinemäßig in Stichproben beprobt und hinsichtlich Zusammensetzung und Mischungsverhältnis untersucht. Auch das bei Nachschnitt- oder Aufwältigungsarbeiten gewonnene grubeneigene Salz wird vor und bei der Weiterverarbeitung zu Sorelbeton beprobt und analysiert.

Alle Komponenten der festen Baustoffe aus der Anlieferung und der Verarbeitung werden hinsichtlich Wassergehalt, Kornverteilung und Korndichte im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II untersucht und bewertet. Hinzu kommt die Ermittlung der Zitronensäurereaktivität des verwendeten Magnesiumoxids (MgO). Die Ergebnisse sind ein Maß für die Abbindefähigkeit des Materials. Außerdem wird die chemisch-mineralogische Zusammensetzung analysiert und das Mischungsverhältnis vom Vorprodukt des Sorelbetons (Salz und MgO) bestimmt.

Das Fertigprodukt (Sorelbeton) wird extern in der Materialprüfanstalt der TU Braunschweig hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften untersucht (Druckfestigkeit). An Sorelbetonproben von Bauwerken mit höheren Ansprüchen bzgl. der Festigkeit und Permeabilität werden zusätzlich noch Untersuchungen beim Institut für Gebirgsmechanik in Leipzig (IfG) und bei der Ingenieurpartnerschaft für Bergbau, Wasser- und Deponietechnik in Freiberg (IBeWa) durchgeführt. Das IfG ermittelt das Ersatzkompaktionsmodul, triaxiale Festigkeitsparameter, die Porosität und den Sättigungsgrad des Porenraumes. Bei der Fa. IBeWa werden die Gas- und Lösungspermeabilitäten sowie der Gaseindringdruck bestimmt.

Die gelieferte Anmischlösung für den Sorelbeton wird vom Lieferanten chemisch untersucht und vor der Einspeisung in die untertägigen Speicherbecken auf der 490-m-Sohle vom Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II nochmals auf die chemische Zusammensetzung und Einhaltung der Anlieferungskriterien hin überprüft. Eine weitere Beprobung der Lösung erfolgt bei der Verarbeitung zum Sorelbeton direkt an den Misch- und Pumpanlagen unter Tage. Des Weiteren wird auch die verwendete Zutrittslösung für die Produktion des Sorelbetons A0 für die Verfüllung im Tiefenaufschluss vor sowie bei der Verarbeitung zum Sorelbeton beprobt und untersucht.

Neben der Beprobung der Einzelkomponenten des Sorelbetons werden baubegleitend Kontrollen der Frischbetoneigenschaften durchgeführt. Dabei werden an den Misch- und Pumpanlagen Sorelbetonsuspensionsproben aus dem Vorlagebehälter entnommen. Es werden dann unmittelbar das Fließrinnenmaß, die Dichte, die Temperatur, die elektrische Leitfähigkeit und der Luftporengehalt der Frischbetonsuspension bestimmt und Proben für die Bestimmung der Festbetoneigenschaften und Beobachtung des Temperaturverlaufs beim Abbinden im Isolierbehälter hergestellt. Dabei werden auch Pumpendruck und eingestellte Leistung, der vorgegebene und eingestellte Lösungsanteil der Suspension sowie Daten zu den verwendeten Salzsarten zum Zeitpunkt der Probenahme dokumentiert.

Der Beprobungsumfang und die Häufigkeit der Beprobung wurde für die Bauwerksarten (Firstspaltverfüllung, Resthohlraumverfüllung, stützender Versatz, Widerlager und Strömungsbarrieren) in separaten QS-Programmen festgelegt und orientiert sich an den funktionalen Anforderungen an die Bauwerke.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 178

## 6.1 Qualitätssicherung der Bau- und Versatzstoffe

### 6.1.1 Magnesiumchloridlösung (Anmachflüssigkeit für Sorelbeton)

Für die Herstellung von Sorelbeton wird eine Magnesiumchloridsole (Anmachflüssigkeit) von der Firma Deusa per LKW zur Schachtanlage Asse II geliefert, die vor der Einleitung in die untertägigen Speicherbecken auf der 490-m-Sohle im Lösungslabor der Schachtanlage Asse II übertägig untersucht und zur Verarbeitung freigegeben wird. Im Jahr 2020 wurden 327 LKW-Ladungen mit Magnesiumchloridsole bei der Anlieferung kontrolliert (2019: 445 LKW). Es entsprachen 325 Anlieferungen den Anforderungen. Zwei Anlieferungen mussten wegen nicht erfüllter Annahmekriterien abgelehnt werden. Somit konnten im Jahr 2020 die Anforderungen an die Anmachflüssigkeit eingehalten werden. Die bei den Kontrolluntersuchungen ermittelten Gehalte der fiktiven Komponenten und die Dichte sind in Tabelle 6.1 auf Blatt 178 dargestellt:

Tabelle 6.1: Mittlere Zusammensetzung aus 325 LKW-Anlieferungen Anmachflüssigkeit für die Produktion von Sorelbeton im Jahr 2020

Fiktive Komponenten	Einheit	Minimum	Maximum	Mittelwert
MgCl <sub>2</sub>	g/L	376,35	446,63	408,45
NaCl	g/L	3,69	7,84	5,24
KCl	g/L	1,03	4,63	1,94
MgSO <sub>4</sub>	g/L	22,33	31,29	27,79
CaSO <sub>4</sub>	g/L	0,12	0,78	0,21
Dichte (20 °C)	g/cm <sup>3</sup>	1,300	1,344	1,320
Dichte (30 °C)	g/cm <sup>3</sup>	1,296	1,340	1,317

Bei der Betonage der einzelnen Bauwerke wurde die Anmachflüssigkeit im Rahmen der Qualitätssicherung baubegleitend nochmals 292 mal beprobt und untersucht. Dabei konnten keine signifikanten Abweichungen zur Anlieferung festgestellt werden.

### 6.1.2 Magnesiumoxid (MgO; Basismaterial für die Sorelbetonherstellung)

Bei der Herstellung von Sorelbeton A0 und A1 wird als Binder MgO verwendet, welches vom Lieferanten per LKW geliefert wird. Bei der Annahme der LKW-Lieferungen wird eine vom Lieferanten bei der Beladung des LKW genommene Querschnittsprobe der Liefercharge untersucht. Dabei wird die Zitronensäurereaktivität des MgO im Qualitätssicherungslabor der Schachtanlage Asse II ermittelt. Liegt das Ergebnis innerhalb der geforderten Bandbreite von 150 bis 500 Sekunden beim Erreichen von pH 7, werden die LKW zur Entladung in die übertägigen Silos der Baustoffanlagen I und II freigegeben. 2020 wurden 188 LKW-Ladungen kontrolliert (2019: 243 LKW). Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 6.2 auf Blatt 179 dokumentiert. Bei der Entladung in die Silos der Baustoffanlagen I (2020: 181 LKW) und II (2020: 7 LKW) werden in der Anlage nochmals automatisch Durchschnittsproben entnommen, an denen später Korndichte und -verteilung, Wassergehalt und Zitronensäurereaktivität sowie die chemisch-mineralogische Zusammensetzung bestimmt werden. 2020 wurden 185 Proben entnommen. Bei drei Lieferungen funktionierte die Probenahmeeinrichtung nicht. Zusätzlich zur Anlieferungskontrolle werden bei der Verarbeitung des MgO unter Tage auch Proben an der Baustoffanlage südlich von Schacht 2 auf der 700-m-Sohle (20BA) entnommen. Die Ergebnisse der Untersuchungen am MgO im Jahr 2020 dokumentieren eine gleichbleibend gute Qualität des gelieferten Materials.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 179

Tabelle 6.2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am MgO aus der Anlieferungskontrolle und den Qualitätskontrollen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2020

Material	Anzahl der Untersuchungen	Wassergehalt [%]	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Zitronensäure-reaktivität (pH=7,0) [s]	Zitronensäure-reaktivität (pH=8,6) [s]
		Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Basismaterial (MgO)					
Anlieferungsprobe (Normag)	188	–	–	304	350
Eingangskontrolle Asse	185	0,243	3,460	248	287
Unter Tage Proben für Bauwerke	288	0,165	3,453	273	316

Bei der Betonage der einzelnen Bauwerke wurde das MgO im Rahmen der Qualitätssicherung baubegleitend nochmals 288 mal beprobt und untersucht. Dabei ist das MgO unter Tage trockener als bei der Anlieferung. Alle anderen Parameter zeigen dagegen keine signifikanten Abweichungen gegenüber den Ergebnissen der Untersuchungen direkt aus der Anlieferung über Tage.

### 6.1.3 Steinsalz (Fremdsalz)

Bei der Firstspaltverfüllung und ausgewählten anderen Bauwerken wird für die Sorelbetonherstellung von der Firma Esco angeliefertes Steinsalz (> 98 % Halit) verwendet. Die Anlieferung erfolgt seit 2014 per LKW in das Salzlager in Wendessen. Im Jahr 2020 wurden neben Steinsalzlieferungen von der Firma ESCO (2020: 3.535 t), auch Lieferungen von der Firma Südwestdeutsche Salzwerke AG (2020: 303 t) im Lager Wendessen angenommen. Von dort erfolgt die weitere Anlieferung per LKW zur Schachanlage Asse II zur LKW-Annahmestelle für Salz. Im Jahr 2020 wurden insgesamt ca. 1.170 t Salz auf die Schachanlage Asse II geliefert und mit der Baustoffanlage II über Tage mit MgO zum Vorprodukt für den Sorelbeton gemischt und nach unter Tage gefördert (2019: 21.846 t). Vom Lieferanten wird im Vorfeld die von der Eigenkontrolle ermittelte durchschnittliche mineralogische Zusammensetzung und der Wassergehalt übermittelt. Im Lager Wendessen erfolgen stichprobenartige Kontrollen der Anlieferung und regelmäßige Kontrollen des eingelagerten Salz-Schüttgutes. Die gewonnenen Proben werden im Qualitätssicherungslabor der Schachanlage Asse II untersucht. Bei der Förderung des Salzes über die Blasanlage nach unter Tage zu den Misch- und Pumpanlagen werden ebenfalls Proben entnommen und vom Qualitätssicherungslabor der Schachanlage Asse II untersucht. Bei den Untersuchungen wird Wassergehalt, Korndichte und -verteilung sowie die chemisch-mineralogische Zusammensetzung bestimmt. Die Mittelwerte der bei der Anlieferungskontrolle bestimmten Analyseergebnisse des Qualitätssicherungslabors der Schachanlage Asse II sind zur Übersicht in Tabelle 6.3 auf Blatt 180 zusammengestellt. Alle Ergebnisse bewegen sich im Bereich der geforderten Qualitätskriterien. Das gelieferte Fremdsalz wird u. a. bei der Firstspaltverfüllung übertätig mit MgO in der Baustoffanlage II gemischt und nach unter Tage zu den Misch- und Pumpanlagen geblasen. Das Fremdsalz wird daher nicht nochmals untertätig beprobt. Bei Bedarf wird das Steinsalz auch für die Sorelbetonproduktion mit der untertätigen Baustoffanlage I, die auf der 700-m-Sohle installiert ist, verwendet, wo das Salz separat beprobt werden kann.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 180

Der Transport des Steinsalzes für die Baustoffanlage südlich von Schacht 2 auf der 700-m-Sohle sowie des Vorproduktes (Salz und MgO) zu den semimobilen Baustoffanlagen unter Tage erfolgt pneumatisch. Da es hierbei zu Veränderungen der Kornverteilung kommt und für die Sorelbetonproduktion die Trockenkomponenten eine vorgegebene Kornverteilung einzuhalten haben, sind zusätzliche Untersuchungen der Kornverteilung erforderlich. Im Jahr 2020 wurde kein Steinsalz über die Blasanlage nach unter Tage gefördert.

Tabelle 6.3: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen am gelieferten Steinsalz aus der Anlieferungskontrolle im Jahr 2020

Material	Einzelproben	Wassergehalt [%]	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]
		Mittelwert	Mittelwert
Steinsalz (über Tage Anlieferung)	4	0,065	2,180

### 6.1.4 Eigensalz zur Verwendung bei der Sorelbetonherstellung

Im Grubengebäude der Schachanlage Asse II fällt bei Nachschnitarbeiten, Aufwältigung und Auffahrung von Strecken Salz mit unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung an. Das Salz wurde 2020 dabei 100 mal zur Qualitätssicherung vor der Verwendung beprobt, untersucht und bewertet (2019: 59 Proben). Je nach Zusammensetzung werden die Salzsorten gelagert und – abhängig von den Anforderungen an die zu erstellenden Bauwerke – bei der Herstellung von Sorelbeton verwendet. Dabei kommen folgende Salzsorten zum Einsatz: Steinsalz, carnallitisches Salz und inhomogenes Mischsalz aus Streckenaufwältigungen. Je nach mineralogischer Zusammensetzung, Wassergehalt und Kornverteilung werden diese Salzsorten einzeln oder gemischt verwendet. Bei Bauwerken mit hohen Anforderungen bzw. bei der Firstspaltverfüllung kommt auch Fremdsalz aus der Anlieferung zum Einsatz. Seit dem 04.12.2017 kann auch Eigensalz (von der Baustoffanlage 20BA auf der 700-m-Sohle) über die Misch- und Pumpanlage 31BA für die Betonherstellung verwendet werden. Vorher konnte die 31BA lediglich von über Tage mit Vorprodukt, ausschließlich mit Fremdsalz gemischt, beliefert werden.

Das Salz wird an der Baustoffanlage südlich von Schacht 2 auf der 700-m-Sohle (20BA) gemischt und an der Anlage baubegleitend zu den einzelnen Bauwerken beprobt und im Qualitätssicherungslabor untersucht. Bei einer an der 20BA verarbeiteten Menge von ca. 22.755 t Eigensalz im Jahr 2020 wurden baubegleitend zur Qualitätssicherung 288 Salzproben untersucht (s. Tabelle 6.4 auf Blatt 180).

Tabelle 6.4: Zusammenfassung der Mittelwerte der Laborergebnisse von bei der Sorelbetonproduktion verwendeten grubeneigenen Salzsorten im Jahr 2020

Material	Einzelproben	Wassergehalt [%]	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]
		Mittelwert	Mittelwert
Vorlaufende Beprobung: Steinsalz, Mischsalz, carnallitisches Salz	100	0,043	2,145
Baubegleitende Beprobung: Steinsalz, Mischsalz, carnallitisches Salz	288	0,056	2,119

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 181

Mit kleinen Misch- und Pumpanlagen werden im Grubengebäude die Schalungsmauern von Abbaugängen, kleine Fundamente u. Ä. hergestellt, die nicht extra beprobt werden. Diese kleinen Pumpen werden mit dem Vorprodukt aus sogenannten MAT-Behältern über die Befüllanlage 51BA (auf der 490-m-Sohle), die von der übertägungen 11BA beschickt wird, versorgt. Zurzeit wird ausschließlich Fremdsalz für die Mischung verwendet. An der 51BA wurden 2020 mit ca. 2.012 t Vorprodukt insgesamt ca. 1.710 t Salz und ca. 302 t MgO in die MAT-Behälter gefüllt.

### 6.1.5 Vorprodukt für die Sorelbetonherstellung

Die Mischung aus MgO (Binder) und Salz (Zuschlagsstoff), das sogenannte Vorprodukt für die Sorelbetonherstellung, wird zur Qualitätssicherung routinemäßig in Stichproben an den Misch- und Pumpanlagen unter Tage beprobt und im Qualitätssicherungslabor untersucht. Dabei werden Wassergehalt, Korndichte und -verteilung, Zitronensäurereaktivität sowie die chemisch-mineralogische Zusammensetzung und das Mischungsverhältnis ermittelt. Eine Übersicht über die Mittelwerte der Ergebnisse der Untersuchungen ist in Tabelle 6.5 auf Blatt 181 zusammengefasst.

Tabelle 6.5: Zusammenfassung der Laborergebnisse der untersuchten Vorprodukte für die Sorelbetonproduktion im Jahr 2020

Material	Anzahl der Untersuchungen	Wassergehalt [%]	Korndichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Zitronensäurereaktivität (pH=7,0) [s]	Zitronensäurereaktivität (pH=8,6) [s]
		Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Vorprodukt A0	13	0,189	2,295	98	315
Vorprodukt A1	278	0,153	2,278	175	541

## 6.2 Sorelbetonproduktion

### 6.2.1 Qualitätssicherung der Zusammensetzung des Sorelbetons

Im Jahr 2020 sind mit den Baustoffanlagen I und II im Grubengebäude der Schachanlage Asse II etwa 18.344 m<sup>3</sup> Sorelbeton zur Hohlraumverfüllung hergestellt und verpumpt worden (2019: 25.913 m<sup>3</sup>). Alle verbauten Massen der Einzelkomponenten und das sich daraus ergebende Volumen von Sorelbeton wurden in der Qualitätssicherungs- und Mengenerfassungsanlage (QMA) erfasst und dokumentiert. Zusätzlich wurden ca. 1.382 m<sup>3</sup> Sorelbeton mit kleinen Misch- und Pumpanlagen bei der Erstellung von Schalmauern, Fundamenten, Bohrlochverfüllungen und anderen kleinvolumigen Verfüllungen hergestellt. Für die unterschiedlichen Anforderungen an die Verfüllungen hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften und der Permeabilitäten wurden differenzierte Vorgaben für die Mischungsverhältnisse von Salz (Zuschlagsstoff), Basismaterial (Binder) und Anmachflüssigkeit festgelegt. Anhand der in der QMA erfassten Daten ist eine ständige Kontrolle der Einhaltung festgelegter Bandbreiten für den Sorelbeton gegeben. Die vorgegebenen Rezepturen wurden im Jahr 2020 eingehalten. Die im Jahr 2020 verbauten Massen, Volumina und die durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung des Sorelbetons, die über die QMA erfasst wurden, sind in Tabelle 6.6 auf Blatt 182 und Tabelle 6.7 auf Blatt 182 zusammengefasst.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 182

Tabelle 6.6: Übersicht der verbauten Gesamtmassen bei der Sorelbetonproduktion im Jahr 2020

Projekt	Sorel- beton [m <sup>3</sup> ]	Vor- produkt [t]	Salz [t]	Basis- material [t]	Anmach- flüssigkeit [m <sup>3</sup> ]	Zutritts- lösung [m <sup>3</sup> ]
Firstspaltverfüllung	–	–	–	–	–	–
Resthohlraumverfüllung A1	16.755	25.920	21.888	4.032	6.291	–
Resthohlraum mit Sorel A0	884	1.304	1.036	268	135	193
Stützender Versatz	–	–	–	–	–	–
Widerlager	311	449	380	69	117	–
Strömungsbarrieren	–	–	–	–	–	–
Sonstige	394	575	487	88	146	–
<b>Gesamtsumme</b>	<b>18.344</b>	<b>26.944</b>	<b>22.755</b>	<b>4.189</b>	<b>6.555</b>	<b>193</b>

Tabelle 6.7: Durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung des Sorelbetons im Jahr 2020

Projekt	Salz	MgO	Anmachflüssigkeit*
Firstspaltverfüllung	–	–	–
Resthohlraumverfüllung mit Sorelbeton A1	63,5 Gew.-%	11,5 Gew.-%	25,0 Gew.-%
Resthohlraumverfüllung mit Sorelbeton A0	60,4 Gew.-%	15,6 Gew.-%	24,0 Gew.-%
Stützender Versatz	–	–	–
Widerlager	62,8 Gew.-%	11,4 Gew.-%	25,8 Gew.-%
Strömungsbarrieren	–	–	–
Sonstiges	63,2 Gew.-%	11,4 Gew.-%	25,8 Gew.-%
Gesamtmittelwert	62,6 Gew.-%	12,3 Gew.-%	25,1 Gew.-%

\* Bei Sorelbeton A0, Anmachflüssigkeit und Zutrittslösung

## 6.2.2 Qualitätssicherung der Frischbetonsuspension und der Einzelkomponenten

Für die Sicherstellung gleichbleibender Qualität und guter Verpumpbarkeit des Sorelbetons werden direkt an den Misch- und Pumpsanlagen regelmäßig Proben zur Kontrolle der Suspensionseigenschaften entnommen. Dazu werden aus dem Vorlagebehälter der jeweiligen Anlage Proben zur Untersuchung der Frischbetoneigenschaften abgefüllt. Es werden folgende Parameter der Frischbetonsuspension bestimmt und in Arbeitsprotokollen dokumentiert: Fließrinnenmaß, Temperatur, Dichte, Luftporengehalt und Leitfähigkeit.

Im Vorfeld der Probenahme der Frischbetonsuspension werden Proben vom verwendeten Salz, Basis-material, Vorprodukt und der Anmachflüssigkeit - sowie bei der Sorelbeton-A0-Produktion auch von der Zutrittslösung - genommen und zur Untersuchung ins Qualitätssicherungslabor gebracht.

Vor Ort wird die Temperatur und Dichte der Anmachflüssigkeit und der Zutrittslösung (bei Sorelbeton A0) gemessen. Zusätzlich werden auf den Arbeitsprotokollen auch weitere Angaben zur Baustoffproduktion dokumentiert, wie der Pumpendruck, die eingestellte Rezepturzusammensetzung und die Förderleistung zum Zeitpunkt der Probenahme sowie Hinweise zur verwendeten Salzart. Zur späteren Kontrolle der Festbetoneigenschaften werden Rückstellproben in KG-Rohre gegossen, die in externen

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 183

Laboren untersucht werden. Zur Kontrolle des Abbindeverhaltens des Sorelbetons wird der Temperaturverlauf während des Abbindeprozesses an einer Probe in einem Isolierbehälter (quasiadiabatisch) aufgezeichnet und dokumentiert.

Mit der Kontrolle der Frischbetoneigenschaften können frühzeitig evtl. Parameterabweichungen beim Material oder der Misch- und Dosiereinrichtungen der Anlage erkannt werden. Damit wird eine gleichbleibende Qualität des Sorelbetons gewährleistet. Die bei den baubegleitenden Frischbetonuntersuchungen ermittelten durchschnittlichen Parameter zeigt Tabelle 6.8 auf Blatt 183.

*Tabelle 6.8: Durchschnittliche Ergebnisse der baubegleitenden Untersuchungen an der Frischbetonsuspension, der Anmachflüssigkeit und der Zutrittslösung im Jahr 2020*

	Anzahl der Proben/Untersuchungen	Bestimmte Parameter	
		Parameter	Wert
Anmachflüssigkeit	303	Temperatur [°C]	30,8
	303	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	1,314
Zutrittslösung	15	Temperatur [°C]	32,8
	15	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	1,215
Frischbetonsuspension	330	Temperatur [°C]	31,9
	330	Leitfähigkeit [mS/cm]	21,3
	330	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	1,88
	365	Fließbrinnenmaß [mm]	559
	18	Quasiadiabatische Abbindetemperatur [°C]	83,5
	300	Luftporengehalt [%]	2,45

### 6.3 Sonstige Baustoffuntersuchungen

Im Qualitätssicherungslabor der Schachanlage Asse II werden neben den beschriebenen Untersuchungen auch Eingangskontrollen für Injektionsmaterialien durchgeführt. Für die Schalwände in den Abbauzugängen werden Rasengittersteine aus Sorelbeton geliefert, die stichprobenartig kontrolliert und bei der MPA Braunschweig untersucht werden. Dazu kommen noch Sonderuntersuchungen verschiedener Materialien. Diese Kontrollen machen jedoch nur einen sehr kleinen Teil der Gesamtuntersuchungen aus, daher wird an dieser Stelle nicht gesondert darauf eingegangen.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 184
---	------------

## 7 Monitoring Grundwassermessstellen

Zum übertägigen hydrogeologischen Messnetz gehören 24 Grundwassermessstellen und die Schächte Asse 1 und Asse 3. Im Jahr 2014 wurden umfangreiche Untersuchungen an diesen Messstellen hinsichtlich ihrer Funktionalität durchgeführt. Hier ergab sich an einigen Grundwassermessstellen ein Sanierungsbedarf. Da dadurch zum einen an einigen Messstellen zunächst keine repräsentativen Daten erhoben werden können und zum anderen die Wasserführung im Schacht Asse 1 für das hydrologische Regime auf dem Asse-Höhenzug sehr bedeutend ist, wird nachfolgend auf die Tiefenlage des Wasserspiegels (Abstich) im Schacht Asse 1 und Vergleich mit den Grundwassermessstellen GW-001 und GW-016 sowie den Fassungsraten im Grubengebäude eingegangen.

Der Schacht Asse 1 liegt nordöstlich von Wittmar und ca. 1,5 km nordwestlich der Schachanlage Asse II. Er hat eine Tiefe von 375 m, in denen er Salinarfolgen der Staßfurt- und Leinefolge unter einem ca. 190 m mächtigen Deckgebirge durchfährt. Anfang Juli 1906 kam es durch einen starken Wassereintritt aus dem Hangenden zum vollständigen Ersaufen des Schachtes [68]. Derzeit ist die Schachtsäule noch bis ca. 115 m Tiefe mit Sonden befahrbar. In diesem Bereich stehen Tone und Sandsteine des Deckgebirges an und der Schacht ist mit Süßwasser verfüllt. Mit Hilfe eines Datenloggers Dipper-PTEC der Fa. Seba wird der Wasserspiegel im Schacht kontinuierlich aufgenommen [68]. Die vergleichsweise betrachteten Grundwassermessstellen GW-001 und GW-016 befinden sich an der Straße nach Groß Vahlberg bzw. ca. 270 m südöstlich der Schachanlage Asse auf dem Höhenzug „Auf dem Klaare“ (s. Anhang 13.1 auf Blatt 334). Sie wurden ausgewählt, da die 2014 durchgeführten Referenzmessungen [69] eine gute Funktionalität der Messstellen bescheinigen konnten.

Im Beobachtungszeitraum schwankte der Abstich im Schacht Asse 1 zwischen –16,7 m und –18,5 m unter Messpunkt (u MP), das entspricht Wasserständen zwischen 141,95 mNN und 143,75 mNN (s. Anhänge 13.2 bis 13.3 (Blätter 335–336)).

Bis zum 09.02.2020 bewegte sich der Wasserspiegel im Schacht mit Pegelständen zwischen –18,3 m und –18,5 m u MP auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Danach ist ein vergleichsweise steiler Anstieg des Wasserspiegels bis Mitte März und in abgeschwächter Form weitersteigend bis Ende April auf den Jahreshöchststand von –16,7 m u MP zu beobachten. Dieser Anstieg korreliert mit dem Einsetzen von stärkeren Niederschlagsereignissen im Februar 2020 (z. B. am 23.02.2020 mit 16,1 mm in Cremlingen-Destedt), die bis Anfang März andauerten. Wie schon in den Vorjahren beobachtet, reagiert der Pegelstand des Schachtes innerhalb weniger Tage auf stärkere Niederschlagsereignisse. Dieser Anstieg ist auch in den Grundwassermessstellen GW-001 von ca. –4,3 m u MP auf –3,4 m u MP und GW-016 von ca. –35,7 m u MP auf –32,3 m u MP zu beobachten (s. Anhang 13.3 auf Blatt 336). Danach folgt bis Anfang November ein flacher Abfall des Wasserspiegels im Schacht bis auf –17,6 m u MP. Auf diesem Niveau verharrt der Wasserspiegel im Schacht 1 dann bis Jahresende.

In der Grundwassermessstelle GW-001 erfolgt das Absinken bis auf –4,4 m u MP im September. Abgesehen von kleineren Fluktuationen in Folge einzelner Niederschlagsereignisse verharrt der Wasserspiegel auf diesem Niveau bis Jahresende. In der GW-016 sinkt der Wasserspiegel kontinuierlich bis zum Jahresende auf –36,9 m u MP ab. Damit macht der Wasserspiegel sowohl im Schacht Asse 1 als auch in den Grundwassermessstellen die schon in den Vorjahren häufig zu beobachtenden Entwicklungen mit hohen Wasserständen im ersten Halbjahr in Folge stärkerer Niederschläge und einen langsam abfallenden Wasserspiegel im zweiten Halbjahr auch 2020 wieder durch [68].

Die im Schacht 1 schon häufiger beobachteten abrupten Absenkungen des Wasserspiegels um mehrere Meter wurde im Berichtszeitraum nicht beobachtet. Der letzte abrupte Abfall des Wasserspiegels um mehr als 5 m innerhalb weniger Tage erfolgte im Mai/Juni 2017.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 185

Die Fassungsraten der aufgefängenen Salzlösungen im Grubengebäude schwankten im Berichtszeitraum zwischen 11,44 m<sup>3</sup>/d und 13,19 m<sup>3</sup>/d für die Südflanke und 0,08 m<sup>3</sup>/d und 2,7 m<sup>3</sup>/d für die Nordflanke. An der Nordflanke waren die Fassungsraten von Ende Juli bis Anfang Oktober leicht erhöht. Ursache für punktuell erhöhte Fassungsraten sind häufig einmalige Abpumpaktionen von Sümpfen oder Strecken, wie am 28.09.2020 das Abpumpen von 2 m<sup>3</sup>/d aus der P750039 oder am 03.11.2020 ebenfalls 2 m<sup>3</sup>/d aus der P750040.

Grundsätzlich sind keine direkten Korrelationen zwischen der Fassungsrate im Grubengebäude und dem Wasserstand im Schacht Asse 1 zu erkennen. Direkte Korrelationen zwischen dem Grundwasser im Deckgebirge und der Fassungsrate der Salzlösungen im Grubengebäude wären ein Hinweis darauf, dass die Zutritte ins Grubengebäude ohne erkennbare drosselnde bzw. stauende Wirkung von zwischengeschalteten Grundwasserhemmern oder Grundwassernichtleitern unmittelbar aus dem Deckgebirge erfolgen würden und ein Absaufen der Grube eine unmittelbare Bedrohung darstellen würde.

Am hydrogeologischen Messnetz müssen dringend Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden [69]. Aus diesem Grund ist geplant, an mindestens 8 der insgesamt 24 Grundwassermessstellen Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Unter diesen Maßnahmepaketten sind Reinigungsmaßnahmen der Messstellen zur Erhöhung der Ergiebigkeit, Abwerfen/Abdichten von Messstellenbereichen zur Eingrenzung der Zuflussbereiche und Umwandlungen von Unter-Flurmessstellen in Über-Flurmessstellen zur Vermeidung des Eindringens von Fremdwässern subsummiert. Zudem muss das Messnetz erweitert werden, um das Deckgebirge der Asse vom Umfeld des Schachtes 1 bis in den Bereich des geplanten Schachtes 5 flächendeckend überwachen zu können.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 186

## 8 Gesamtbewertung

Die bergsmechanische Situation wird im Folgenden auf Grundlage der insgesamt visuell und messtechnisch erfassten Informationen zum Spannungs- und Verformungszustand des Tragsystems, zum Monitoring der Infrastrukturbereiche, sowie unter Berücksichtigung der durchgeführten bergmännischen Arbeiten und hierbei insbesondere der durchgeführten Stabilisierungsmaßnahmen bewertet. Für das Gesamttragsystem ist die Situation bezogen auf die Baufelder wie folgt zu bewerten:

### 1. *Baufeld an der Südflanke*

Das Baufeld an der Südflanke stellt mit ca. 3,0 Mio. m<sup>3</sup> Hohlraumvolumen das mit Abstand größte Baufeld dar. Auf Grund der nicht ausreichend dimensionierten Schweben und Pfeiler kommt es seit den 1980er Jahren zu erheblichen Schädigungen bzw. Bruchprozessen in den Tragelementen und den angrenzenden Deckgebirgsschichten. Einher ging diese Entwicklung mit einem starken Anstieg der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten auf bis zu 200 mm/a sowie zeitlich verzögert mit erhöhten übertägigen Senkungsraten von bis zu 25 mm/a. Messtechnisch kann somit eine hohe Mobilität des südlich vorgelagerten Deckgebirges belegt werden.

Dies führt seit spätestens 1988 zu einem Integritätsverlust in der Steinsalzbarriere und zum Zutritt von Salzlösungen aus dem Deckgebirge.

Zur Stabilisierung des Tragsystems wurden die Abbaue bis 2004 überwiegend mit 2,92 Mio. t Salzgrus verfüllt (etwa 2,6 Mio. m<sup>3</sup>). Bereits während der Versatzeinbringung war eine beginnende Stabilisierung des Tragsystems (ab ca. 1999) durch sich degressiv entwickelnde querschlägige Pfeilerstauchungsraten erkennbar. Da sich die Verformungsraten trotz der Salzeinbringung noch auf einem hohen Niveau bewegten – 2009 bis ca. 125 mm/a – und sich durch Konsolidierung des Salzversatzes in den Abbauen sogenannte Firstspalte von zum Teil mehreren Metern gebildet hatten, wurde Ende 2009 mit der Firstspaltverfüllung begonnen und die Betonage von Resthohlräumen mit Sorelbeton fortgesetzt. Bisher wurden ca. 200.000 m<sup>3</sup> Sorelbeton in Firstspalte und Resthohlräume im Baufeld an der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle eingebracht.

Im Berichtszeitraum 2020 hat sich der hohe Beanspruchungszustand des Tragsystems nicht signifikant verändert. Die maximalen und die minimalen Spannungen sind im gesamten Baufeld im Jahre 2020 gegenüber 2019 überwiegend gleichbleibend. Jedoch sind in einigen Bereichen geringfügige Anstiege der Minimalspannungen und Rückgänge der Maximalspannungen zu verzeichnen, wodurch sich die Spannungsdifferenzen in einigen Bereichen leicht reduziert haben (vgl. Anhänge 2.1 bis 2.4 (Blätter 206–209)). Die immer noch hohen Spannungsdifferenzen, die detektierten Rissbildungen sowie die in einigen Bereichen deutlich erhöhte mikroseismische und mikroakustische Aktivität weisen auf weiterhin stattfindende Bruch- bzw. Schädigungsprozesse hin. Mit dem sich nur langsam und nicht kontinuierlich aufbauenden Versatzdruck und der damit verbundenen seitlichen Stützung der Pfeiler, zum Teil auch durch den Sorelbeton, wird jedoch weiteren Pfeilerentfestigungen zunehmend entgegengewirkt. Wie aus Anhang 2.1 auf Blatt 206 und Anhang 2.2 auf Blatt 207 zu ersehen ist, liegen die maximal gemessenen Spannungen im Tragsystem mit 33 MPa weiterhin im Bereich des Hauptpfeilers. Da die Minimalspannung im Westflügel bei nur ca. 2 MPa liegt und die Firstspaltverfüllung in diesem Bereich noch nicht vollständig umgesetzt ist, ist mit fortschreitenden Schädigungen der Schweben und Pfeiler zu rechnen. Weitere lokale Spannungsmaxima liegen im östlichen und westlichen Bereich des oberen Baufelds (s. Anhang 2.2 auf Blatt 207). Eine Gegenüberstellung der gemessenen Minimalspannungen aus 2019 (s. Anhang 2.3 auf Blatt 208) und 2020 (s. Anhang 2.4 auf Blatt 209) sowie Anhang 2.5 (Blätter 210–211) zeigt in einigen Bereichen einen geringfügigen Anstieg.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 187

Da im Westflügel des Baufeldes an der Südflanke auch insgesamt die Spannungsdifferenzen im Jahr 2020 weiterhin auf einem hohen Niveau liegen, ist in den bereits stark entfestigten Tragelementen mit fortschreitenden Schädigungen zu rechnen. In deren Folge ist auch ein weiterer Integritätsverlust in der hier sehr geringmächtigen Steinsalzbarriere und dem südlich vorgelagerten Deckgebirge zu besorgen. Das lokale Pfeilerstauchungsmaximum liegt mit Werten um 70 mm/a im Westflügel im Bereich der 574- bis 553-m-Sohle in den Abbaureihen 3 bis 5. Der Bereich ist zudem durch Besonderheiten, wie einem linsenförmigen Hauptanhydritvorkommen und einem ca. West/Ost streichenden Rissystem mit Lösungsaustritten und einer Vielzahl von Tropfstellen gekennzeichnet. Im Berichtszeitraum wurde im Westflügel des Baufeldes an der Südflanke die nördlich der Abbaue verlaufende Strecke auf der 532-m-Sohle verfüllt. Die Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 2 bis 4 unterhalb der 532-m-Sohle sowie die Verfüllung von Resthohlräume in diversen Strecken und Abbauen stehen jedoch noch aus.

Demgegenüber sind im Ostflügel des Baufeldes die Firstspalte bereits verfüllt und eine Stützwirkung ist hier deutlicher erkennbar. Diese äußerte sich in den letzten Jahren mit einem tendenziellen Anstieg der Minimalspannungen und dem hier etwas stärkeren Rückgang der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten auf ebenfalls ca. 70 mm/a. Nach einer temporären Zunahme der Pfeilerstauchungsraten im Jahre 2017 setzte sich der degressive Trend etwa ab dem 2. Quartal 2018 wieder fort. Im Ostflügel erfolgt der Übergang vom oberen Bereich des Pfeilerstauchungsmaximums – welcher sich bis in das Firstniveau der 532-m-Sohle erstreckt – zum Unverritzten oberhalb der 490-m-Sohle auf vergleichsweise kurzer Distanz, d. h. mit einem hohem Gradienten der Pfeilerstauchungsraten. Hierdurch ergeben sich im Umfeld und auch im südlich vorgelagerten Deckgebirge weiterhin hohe Scherbeanspruchungen. Aufgrund der Nähe zur MAW-ELK wurden die Verfüll- und Abdichtmaßnahmen gemäß der Notfallplanung 2019 und 2020 zügig fortgesetzt und sind inzwischen weitgehend abgeschlossen.

Nachdem von etwa Mitte 2017 in großen Teilen des Baufeldes an der Südflanke ein gleichbleibender bis leicht ansteigender Trend bei der Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten zu konstatieren war, hat sich – trotz der weiter ablaufenden Schädigungsprozesse – ab 2018 und im Berichtszeitraum 2020 – die insgesamt leicht degressive Entwicklung der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten wieder fortgesetzt. Zum Berichtsstand liegen die horizontal querschlägigen Pfeilerstauchungsraten im Maximum bei etwa 70 mm/a. Auf Grundlage der insgesamt vorliegenden Messergebnisse kann auf eine querschlägige Gesamtstauchung der Tragelemente von der Auffahrung der Abbaue im Baufeld an der Südflanke bis zum Berichtsstand von etwa 6 m im Westflügel und 7 m im Ostflügel ausgegangen werden. Die damit verbundenen erheblichen Verformungen und Schädigungen in den Tragelementen sind als ursächlich für die Integritätsverluste der südlichen Anbaubank und des südlich vorgelagerten Deckgebirges anzusehen.

Auch 2020 geht die registrierte Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten noch immer nicht mit einem relevanten Anstieg der im Salzversatz erfassten Spannungen einher. Da die weiter ablaufenden Verformungsprozesse auch die Schaffung neuer bzw. die Reaktivierung älterer Migrationspfade aus dem Deckgebirge ermöglichen, ist eine weitere Stabilisierung des im Westflügel liegenden Zutrittsbereiches durch eine zügige Umsetzung der Firstspaltverfüllung sowie die Verfüllung aller nicht mehr benötigten Teile der Abbaubegleitstrecken nach wie vor dringend geboten. Nur so kann dem anhaltenden Integritätsverlust in den Tragelementen und damit auch dem Integritätsverlust im Zutrittsbereich weiter entgegengewirkt werden.

Die mikroseismische Aktivität weist weiterhin ablaufende Schädigungsprozesse, insbesondere nördlich oberhalb der ELK 4/750, im Bereich der ELK 6/750, am oberen Baufeldrand, in den zentral südlichen und westlichen Bereichen der 750-, 725-, und 700-m-Sohle, aus. Auch die visuellen und messtechnischen Befunde in den noch offenen bzw. neu erstellten oder aufgewältigten Strecken

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 188

im Bereich der LAW-ELK auf der 750-m-Sohle zeigen einen hohen Beanspruchungsgrad. Die hier in Umsetzung befindlichen Verfüll- und Abdichtmaßnahmen sind daher möglichst zügig fortzusetzen. Insbesondere auf der 725-m-Sohle weist die sogenannte Gleitbogenausbaustrecke in den nicht ausgebauten Pfeilerbereichen erhebliche Entfestigungen auf. Da sich hier wichtige Fassungsstellen für Zutrittslösungen befinden, ist bei dem geplanten Rückzug aus diesem Bereich eine Anpassung des Lösungsmonitorings vorgesehen.

Aufgrund des bestehenden Lösungszutritts und der permanenten Gefahr seiner Veränderung und/oder Verlagerung, die sich mit den fortschreitenden Schädigungsprozessen weiter erhöht, sind hier weitere Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Hierbei kommt der messtechnischen Überwachung der Situation eine wichtige Bedeutung für das Monitoring und die Steuerung des weiteren Bauablaufes zu.

## 2. Steinsalzbaufeld im Sattelkern

Das Baufeld im Sattelkern weist ein Hohlraumvolumen von etwa 420.000 m<sup>3</sup> auf und ist zu etwa 70 % mit Salz und 19 % mit Sorelbeton versetzt (Stand: 11/2020). Da der Nahbereich dieser Abbaue durch nachträglich aufgefahrenen Strecken (z. B. Wendelstrecke, nördliche Richtstrecken nach Osten) zum Teil stark durchbaut wurde und in den Abbauen zum Teil noch relevante Resthohlräume vorhanden sind, kommt es lokal zu erheblichen Schädigungen in den Konturbereichen der infrastrukturell genutzten Strecken und Abbauteile.

Zur Überwachung der Schädigungsprozesse wurden seit 2012 lokale Monitoringprogramme initiiert. Dies betrifft die Wendelstrecke insgesamt (s. Abschnitt 4.3 ab Blatt 211), den Füllortbereich Schacht 2 auf der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.6 ab Blatt 134), die nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle und die daran angeschlossenen Infrastrukturräume im Osten der 750-m-Sohle (s. Abschnitt 4.7 ab Blatt 145) sowie die Infrastrukturräume auf der 700-m-Sohle (s. Abschnitt 4.4 ab Blatt 96). Im Jahre 2018 wurden im Westen der 750-m-Sohle die geplanten Verfüllmaßnahmen weitgehend umgesetzt. Im Osten der 750-m-Sohle befinden sich insbesondere im Bereich der Faktenerhebung im Abbau 5/750 Na2 noch erhebliche Resthohlräume. Im Rahmen der Vorbereitungen zur Erkundung der ELK 12/750 wurde ein umfassendes Sanierungsprogramm konzipiert, welches auch weitere Verfüllmaßnahmen zur Stabilisierung des Bereiches beinhaltet. Im Berichtszeitraum 2020 wurden wesentliche Teile des Sanierungsprogramms umgesetzt.

## 3. Carnallitbaufeld

Das in den 1920er Jahren aufgefahrenen Carnallitbaufeld wurde bereits im Zuge der Gewinnung weitgehend mit Rückständen aus der Kaliumaufbereitung verfüllt. 2020 wurde das Volumen des Baufeldes mit ca. 951.000 m<sup>3</sup> bilanziert. Geotechnische Untersuchungen belegen eine erhebliche Schädigung der Pfeiler, Auflockerungen in den Konturbereichen, insbesondere in der Firste des Abbaufeldes sowie eine konvergenzbedingt bereits stark fortgeschrittene Kompaktion des Versatzes. In 2015 und 2016 wurden im mittleren und östlichen Bereich Erkundungsbohrungen in den Firstbereich der Abbaue gestoßen. Dabei wurden zum Teil relevante Firstspalte festgestellt, die inzwischen verfüllt wurden. Aus den Ergebnissen des Tagesnivelements ist eine Beeinflussung des Senkungsgeschehens durch das Carnallitbaufeld weiterhin abzuleiten und eine entsprechende Beanspruchung des Deckgebirges zu besorgen (s. Abschnitt 2.2.1 auf Blatt 19). Um dem entgegenzuwirken, ist eine systematische Erkundung und Nachverfüllung der Resthohlräume in allen Abbauen vorgesehen. Insbesondere für den nordwestlichen Teil des Carnallitbaufeldes gibt es Hinweise auf relevante Resthohlräume in den Zugangsstrecken und im Firstbereich der Abbaue. Hier wurden entsprechende Erkundungs- und Verfüllmaßnahmen vorbereitet.

## 4. Tiefenaufschluss

Der sogenannte Tiefenaufschluss (unterhalb der 775-m-Sohle) besteht aus Strecken und ei-

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 189

ner Kaverne, welche im Wesentlichen zu Forschungszwecken und zur Speicherung von ins Bergwerk eingedrungener Lösungen aufgefahren wurden. Das Hohlraumvolumen des Tiefenaufschlusses beträgt ca. 249.000 m<sup>3</sup>. Ab 2004 wurde mit der Verfüllung des Tiefenaufschlusses auf der 975-m-Sohle mit Salzversatz und zum Teil mit Schotter (Kaverne unterhalb Schacht 4 und Blindschacht 1) begonnen. Der Porenraum im unteren Bereich des Tiefenaufschlusses wurde mit einer gesättigten MgCl<sub>2</sub>-Lösung aufgefüllt. Das Lösungsniveau liegt zum Berichtsstand bei ca. 900 m Teufe. Ab der 875-m-Sohle erfolgt seit 2009 die Resthohlraumverfüllung mit Sorelbeton. Im Jahre 2014 wurde die Verfüllung der 850-m-Sohle weitgehend abgeschlossen. Im Westen der 800-m-Sohle wurden im Jahr 2012 Strecken zur Speicherung von Salzlösungen – sogenannte Sumpfstrecken – aufgefahren, welche für einen längerfristigen wartungsarmen Betrieb nicht geeignet sind. Daher werden diese durch neu aufzufahrende Kavernenstrecken auf der 825-m-Sohle ersetzt. Diese Kavernenstrecken werden durch Bohrungen von der 700-m-Sohle aus angeschlossen und sollen von dort aus betrieben werden. Die hierfür notwendigen Auffahrungen wurden im Berichtszeitraum bereits zu einem erheblichen Teil umgesetzt. Seit 2015 werden auf der 850-m-Sohle Strecken zur Gewinnung von Steinsalz aufgefahren. Diese Strecken werden sukzessive mit Sorelbeton unter Verwendung von carnallititischen Eigensalz nicht abgabefähiger Zutrittslösung und kontaminierter Lösung verfüllt. Auf Grund der geringen Größe und des niedrigen Durchbaugrades hat der Tiefenaufschluss nur eine geringe Bedeutung für das Gesamtragsystem sowie für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der längerfristig noch zu nutzenden Infrastrukturbereiche.

Ab 2012 wurden sukzessive für alle relevanten Infrastrukturbereiche eine intensivere Beobachtung der Schädigungsprozesse in Form von Monitoringprogrammen initiiert und auf deren Grundlage vorgezogene Verfüllmaßnahmen empfohlen und umgesetzt. Mit diesen Maßnahmen soll eine Bewertung der Gebrauchstauglichkeit dieser Bereiche für den noch geplanten Nutzungszeitraum ermöglicht und durch die vorgezogenen Verfüllmaßnahmen der Schädigungsprozess verlangsamt werden, so dass die Vorsorgemaßnahmen abgeschlossen und die Rückhohlbereitschaft hergestellt werden kann.

Für die Monitoringbereiche auf der 750-m-Sohle im Bereich um den Füllort Schacht 2, der nördlichen Richtstrecke nach Osten und der südlichen Richtstrecken nach Westen wurde bereits der größte Teil der hier vorgesehenen Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt. Dennoch zeigen die noch in Nutzung befindlichen Bereiche der 750-m-Sohle weiterhin einen zum Teil hohen Sanierungsbedarf bzw. Integritätsverlust. Insbesondere der Monitoringbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle wurde Ende 2018 um den Bereich der Faktenerhebung erweitert und umfasst nun den gesamten östlichen Teil des Baufeldes im Sattelkern auf der 750-m-Sohle. Auf Grund der erheblichen Schädigungen in diesem intensiv genutzten Infrastrukturbereich wurde ein entsprechendes Sanierungsprogramm aufgestellt und in wesentlichen Teilen bereits umgesetzt.

Im Jahre 2015 ergab sich auch für den Infrastrukturbereich auf der 700-m-Sohle die Notwendigkeit einer deutlichen Erweiterung des lokalen Monitoringprogramms. Auf Grund der zunehmenden Schädigungen und Entfestigungen im Bereich der Baustoffanlage 20BA wurden auch hier umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen geplant, um die Gebrauchstauglichkeit für den geplanten Nutzungszeitraum (derzeit bis 2026) zu erhalten. Im Berichtszeitraum 2020 wurde die Umsetzung der Maßnahmen, insbesondere im südlichen Bereich der Baustoffanlage 20BA, fortgesetzt. Auch die Teilverfüllung des oberen Bereiches des unterlagernden Abbaus 6/725 (Na<sub>2</sub>) mit Sorelbeton erfolgte Anfang 2021.

Eine weitere wichtige Infrastrukturkomponente stellt die Wendelstrecke dar. Im Januar 2012 musste der Bereich der 637-m-Sohle gesperrt werden, da die Schweben zwischen zwei Wendelstreckenabschnitten vollständig entfestigt war. Hier waren umfassende Sanierungen in Verbindung mit der Neuauffahrung von zwei Wendelabschnitten notwendig. Bei einem weiteren Abschnitt der Wendelstrecke, zwischen der 750- und 775-m-Sohle, war ebenfalls eine Neuauffahrung erforderlich, die 2014 umgesetzt wurde.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 190

Weitere Wendelabschnitte, insbesondere von der 700- zur 775-m-Sohle, wurden in den Jahren 2015 bis Anfang 2021 saniert. In der Wendelstrecke ist jedoch generell von einem anhaltend hohen Sanierungsaufwand auszugehen. Daher wurde für die Wendelstrecke ein angepasstes Beobachtungs- und Sanierungskonzept erarbeitet, welches sukzessive umgesetzt wird.

Für die geplante Rückholung der Abfälle stellt der Erhalt der Gebrauchstauglichkeit der Wendelstrecke eine grundlegende Planungsrandbedingung dar. Dies setzt langfristig eine anhaltende Sanierung der Wendelstrecke oberhalb der 700-m-Sohle voraus, die bei der Planung der Rückholungsmaßnahmen zu berücksichtigen ist.

In folgenden Bereichen wurden in besonderem Maße Schädigungsprozesse detektiert:

1. Die Rissentwicklung in der Abbaubegleitstrecke nach Osten auf der 511-m-Sohle sowie die im Firstbereich des Abbaus 6a/532 durchgeführten EMR-Messungen und Erkundungsbohrungen weisen auf eine streichende Scherbeanspruchung der Schewebe zu den Nebenabbauen 6a/532, 7a/532 und 7b/532 hin. Die bereits fortgeschrittene Rissbildung in der Schewebe oberhalb des Abbaus 6a/532 führte zur Sperrung des Abbaus. Nach Herstellung der nördlichen Umfahrung dieses Abbaus und seiner vollständigen Verfüllung wurde eine entsprechende Bewertung auch für die Gebrauchstauglichkeit der östlich gelegenen Nebenabbaue erstellt. Hierbei ergab sich auch für die Abbaue 7a und 7b/532, dass die hangenden Schweben stark geschädigt sind. Der Abbau 7a/532 ist inzwischen abgeworfen und vollständig verfüllt. Im Abbau 7b/532 wurde der südliche und mittlere Teil ebenfalls im Jahre 2015 verfüllt. Im Jahre 2018 wurden die Abbaue 9a/532 und 9b/532 vollständig verfüllt. Zur Begrenzung der Schädigungsentwicklung im Nahbereich der MAW-Kammer wurde eine vollständige Verfüllung der Nebenabbaue bis Anfang 2020 umgesetzt. Die Maßnahmen auf der 532-m-Sohle wurden in 2020 mit der Verfüllung der Abbaubegleitstrecke im Firstniveau weitgehend abgeschlossen.
2. Im Bereich des Pfeilers 3/4 auf der 725-m-Sohle sowie im Bereich der Querschläge zwischen der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und der Schewebe oberhalb der ELK 4/750 liegen Befunde für einen fortschreitenden Integritätsverlust vor. In diesem Bereich wurden im Jahr 2018 bis März 2019 die Stabilisierungsmaßnahmen mit der Verfüllung der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen fortgesetzt und Strömungsbarrieren in den Querschlägen zwischen 1. und 2. südlicher Richtstrecke errichtet. Damit wird einer Migration von Salzlösungen aus den Einlagerungskammern 4/750, 8/750 und 10/750 und damit dem Austrag von Kontaminationen in nördliche Richtung und Zersetzungsprozessen im hier anstehenden Carnallit entgegen gewirkt. Eine umfassende Sanierung des Lösungsfassungssystems in der Gleitbogenausbaustrecke und daran anschließend eine sukzessive Verfüllung der 725-m-Sohle ist geplant.

Insgesamt hat die Stabilisierung des Tragsystems vor allem im Baufeld an der Südflanke und im Sattelkern zu einem weiteren, sich im Berichtszeitraum wie oben angeführt abgeschwächten Rückgang der Verformungsraten geführt. Jedoch führen die damit verbundenen Spannungsumlagerungen lokal in bereits stark geschädigten Bereichen und den Baufeldrändern zu weiteren Bruchvorgängen. Dies wird zunehmend die Gebrauchstauglichkeit von in solchen Bereichen angeordneten Infrastrukturkomponenten beeinträchtigen. Dies gilt insbesondere für die Abbaue und Abbaubegleitstrecken in der Südflanke, der Wendelstrecke (511- bis 679-m-Sohle und 725- bis 775-m-Sohle) sowie die zentralen Bereiche der 700- und 750-m-Sohle. Zur weiteren Bewertung der Nutzungsfähigkeit insbesondere im Hinblick auf die in Planung befindlichen Rückholmaßnahmen ist daher die Fortführung der Monitoringprogramme und bei Bedarf die Initiierung weiterer angepasster Stabilisierungsmaßnahmen unabdingbar.

Die mikroseismischen Ereignisraten sind im Berichtszeitraum 2020 insgesamt zurückgegangen, liegen aber langfristig betrachtet noch immer auf einem hohen Niveau. Der Rückgang basiert wesentlich

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 191
---	------------

auf einem Rückgang der Aktivität im Bereich der ELK 4/750 nach Umsetzung von zahlreichen Stabilisierungsmaßnahmen in diesem Bereich. Außerhalb des Grubengebäudes fällt weiterhin die relativ hohe Aktivität im Bereich des oberen und östlichen Baufeldrandes auf. Innerhalb des Grubengebäudes konzentriert sich die mikroseismische Aktivität zunehmend auf den südlichen und zentralen Bereich unterhalb der 679-m-Sohle bis zur 775-m-Sohle.

Weiterhin sind südöstlich des Grubengebäudes im Bereich der 700-m-Sohle und darunter relativ starke mikroseismische Ereignisse im Salinar und im Übergangsbereich vom Salinar zum oberen Buntsandstein detektiert worden. Die starken Ereignisse in diesem Bereich haben maßgeblich zum Anstieg der kumulativen Energie in 2020 beigetragen. Da sich dieser Bereich relativ weit außerhalb des Grubengebäudes befindet, ist eine alleinige, mit dem Grubengebäude in Verbindung stehende, gebirgsmechanische Ursache für diese Aktivität nicht plausibel.

Im Rahmen des Salzlösungsmonitoring wurden im Berichtszeitraum 12,1 m<sup>3</sup>/d im Mittel gefasst. Mit ca. 0,6 m<sup>3</sup>/d Lösung, die auf der 725-m-Sohle im Mittel 2020 gefasst wurden, entspricht das ca. 99 % der 12,7 m<sup>3</sup>/d gefasster Lösung im gesamten Baufeld an der Südflanke, welche auch zu ca. 99 % in der Abbaureihe 3 aufgefangen wird. Es ist anzunehmen, dass diese Menge auch in etwa der des Salzlösungszutritts im Baufeld an der Südflanke entspricht. Der Chemismus der Salzlösung hat sich langfristig nur geringfügig verändert.

Im Jahr 2017 wurden die aktiven Katasterstellen in der 2. südlichen Richtstrecke auf der 750-m-Sohle nach Westen saniert und über von der 679-m-Sohle erstellte Monitoringbohrungen angeschlossen. Seit der Verfüllung der 2. südlichen Richtstrecke erfolgt das Lösungsmonitoring für diese Katasterstellen von der 679-m-Sohle aus.

Sollte es im Zuge der weiterhin ablaufenden gebirgsmechanischen Schädigungsprozesse zu stärkeren Veränderungen des Lösungszutritts kommen, ist ein Versagen der Fassungs-systeme durch Umläufigkeiten zu besorgen. Eine unmittelbare Folge wäre eine zunehmende Durchfeuchtung von Tragelementen und ein dadurch forcierter Entfestigungsprozess, das verstärkte Eindringen von Lösungen in die ELK und der Austrag von Kontaminationen. Eine wesentliche Aufgabe des Geomonitorings ist daher weiterhin, solche Veränderungen frühzeitig zu erkennen, so dass gegebenenfalls notwendige Maßnahmen rechtzeitig initiiert werden können.

Im Bereich der Nordflanke wurden im Jahre 2020 durchschnittlich 0,3 m<sup>3</sup>/d MgCl<sub>2</sub>-dominierte-Lösung gefasst (2019: 0,3 m<sup>3</sup>/d). Die für 2019 und 2020 ermittelte Fassungsrate von 0,3 m<sup>3</sup>/d liegt damit etwa auf dem 9-Jahres-Durchschnitt (12/2009 bis 12/2018) von 0,31 m<sup>3</sup>/d. Weiterhin ist festzustellen, dass der größte Teil der Lösungen im westlichen Teil des Carnallitbaufeldes gefasst wird. Es muss hier davon ausgegangen werden, dass ein Teil der an der Nordflanke gefassten Salzlösung einem außerhalb des Grubengebäudes gelegenen Reservoirs entstammt [60].

Für die geplante Rückholung der Abfälle aus den ELK ist daher die weitere bestmögliche Stabilisierung der Einlagerungsbereiche und der weiterhin zur Nutzung vorgesehenen Infrastrukturbereiche eine wesentliche Voraussetzung. Insbesondere die immer noch hohe mikroseismische Aktivität zeigt auf, dass, ohne eine firstbündige und stützende Verfüllung aller Resthohlräume, die laufenden Konvergenzprozesse zu fortschreitenden Entfestigungen führen. Mit einer zunehmenden Auflockerung der Tragelemente und Ausbildung von Scherflächen sind hier bruchhafte Ablösungen zu besorgen. Da sich die mikroseismische Aktivität und die visuell erkennbaren Schädigungen der Konturbereiche insbesondere auf die Wendelstrecke unterhalb der 553-m-Sohle und den zentralen südlichen Bereich der 700- bis 750-m-Sohle konzentrieren, ist hier besonderes Augenmerk auf ein intensives Monitoring und eine zügige Stabilisierung zu legen.

Insgesamt wurde mit den im Berichtszeitraum umgesetzten Stabilisierungsmaßnahmen den Entfestigungsprozessen im Tragsystem weiter entgegengewirkt. Auf Grund des hohen Durchbauungsgrades

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 192

und der in vielen Bereichen noch vorhandenen Resthohlräume sind diese Maßnahmen jedoch noch nicht ausreichend, um einer weiteren Schädigung der Tragelemente und der Anbaubank zum Deckgebirge entgegenzuwirken.

Das Salzlösungsmonitoring belegt zwar die technische Funktionalität der Fassungs-systeme, die es erlaubt kurzfristige und langfristige Trendänderungen zu erfassen. Jedoch zeigen die kurzfristigen Änderungen der Fassungs-raten sowie die langsamen, wenn auch bisher geringfügigen, Änderungen im Chemismus der gefassten Salzlösungen eine veränderbare und daher nicht prognosefähige Situation bezüglich der hydrogeologischen Gefährdung der Schachanlage Asse II.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 193

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 14 des Gesetzes vom 1. April 2015 (BGBl. I S. 434) geändert worden ist.
- [2] Asse-GmbH  
Notfallplanung zur Minimierung der Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts  
Stand: 23.02.2010  
BfS-KZL: 9A/34000000/EBM/RB/0003/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/23700000/BAU/GH/BZ/0003/00
- [3] Bundesamt für Strahlenschutz  
Notfallplanung für das Endlager Asse  
Stand: 28.02.2010  
BfS-KZL: 9A/34000000/EBM/RB/0002/01
- [4] Asse-GmbH  
Notfallplanung - Statusbericht und geplante Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen  
Stand: 22.12.2011  
Asse-GmbH-KZL: 9A/44000000/BAU/GH/BZ/0001/01
- [5] Asse-GmbH  
Hohlraumbilanz für die Schachanlage Asse II und Abschätzung der Volumina zur Umsetzung der Maßnahmen zur Konsequenzenminimierung (Notfallplanung)  
Stand: 31.01.2012  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64332000/BAU/GH/BZ/0001/00
- [6] Bundesamt für Strahlenschutz. Schachanlage Asse II, Gesamtdarstellung zur Rückholungsplanung. urn:nbn:de:0221-2014021211169. Stand: 10.03.2014.
- [7] Asse-GmbH  
Zusammenstellung und Bewertung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachanlage Asse II  
Stand: 21.07.2009  
BfS-KZL: 9A/64222100/HG/RB/0002/01  
Asse-GmbH-KZL: 9A/-/GEH/EB/BW/0001/01
- [8] Bundesamt für Strahlenschutz  
Fließwege zutretender Salzlösungen im Grubengebäude der Schachanlage Asse II  
Stand: 14.02.2012  
BfS-KZL: 9A/64222000/HGG/RB/0001/00
- [9] Asse-GmbH  
Überprüfung der vorhandenen geotechnischen und geophysikalischen Messsysteme im Hinblick auf die zur Notfallvorsorge und Faktenerhebung geplanten Maßnahmen  
Stand: 26.10.2012  
BfS-KZL: 9A/64300000/GC/RZ/0004/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BZ/0001/00
- [10] Institut für Gebirgsmechanik  
Tragfähigkeitsanalyse des Gesamtsystems der Schachanlage Asse in der Betriebsphase  
Stand: 06.10.2006  
BfS-KZL: 9A/GC/RB/0006/00  
GSF-KZL: 09/77733/LZS/HB/BN/0001/02

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 194

- [11] Institut für Gebirgsmechanik GmbH  
 Untersuchung der Gesteins- und Trennflächeneigenschaften heterogener Schichtenfolgen in der Schachanlage Asse II  
 Stand: 16.12.2020  
 BGE-SZ-KZL: 9A/64330000/-/-/GC/RB/0051/00
- [12] CDM Consult GmbH  
 Konzeptstudie zur Erhöhung der Versatzsteifigkeit der mit Salzgrus verfüllten Kammern der Südwestflanke der Schachanlage Asse II  
 Stand: 12.09.2008  
 BfS-KZL: 9A/23130000/GHR/RB/0001/00
- [13] Asse-GmbH  
 Tagesnivellement – Begleitungsbericht zum Senkungsnivellement 2012  
 Stand: 12.12.2012  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64140000/MAR/GB/BT/0045/00
- [14] Asse-GmbH  
 151. Zwischenbericht zu den Extensometermessungen  
 Stand: 22.12.2016  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64140000/MAR/GB/BT/0172/00
- [15] BGE mbH  
 Konvergenzmessungen 490-m-Sohle, Abbau 3 – Zwischenbericht Nr. 106 aus Januar 2021  
 Stand: 28.01.2020  
 BGE-Asse-KZL: 9A/64140000/MAR/-/-/GB/BT/0202/00
- [16] BGE mbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2019 der Standortüberwachung Asse  
 Stand: 27.05.2020  
 BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/BT/0021/00
- [17] BGE mbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2018 der Standortüberwachung Asse  
 Stand: 07.05.2019  
 BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/BT/0018/00
- [18] Asse-GmbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2016 des Teilbereiches Standortüberwachung  
 Stand: 21.04.2017  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0008/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0013/00
- [19] BGE mbH  
 Seismische Überwachung der im Oktober und November 2016 durchgeführten Testsprengungen in der Tiefbohrung Remlingen 15 und der Flachbohrung R15-01  
 Stand: 03.06.2019  
 BGE-Asse-KZL: 9A/64223000/GMÜ/HF/BW/0004/01

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 195

- [20] Asse-GmbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2015  
 Stand: 29.04.2016  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0007/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0009/00
- [21] BGE mbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen - Jahresbericht 2017 der Standortüberwachung Asse  
 Stand: 08.05.2018  
 BGE-SZ-KZL: 9A/64330000/-/-/GC/PF/0009/00  
 BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/BT/0016/00
- [22] Asse-GmbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen, Jahresbericht 2013 des Teilbereiches Standortüberwachung  
 Stand: 28.02.2014  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0005/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0005/00
- [23] Helmholtz Zentrum  
 Ergebnisse der Mikroseismischen Überwachung auf der Schachanlage Asse - Jahresbericht 2008  
 Stand: 16.12.2008  
 HMGU-KZL: 14/77754/GMÜ/HF/BT/0010/00
- [24] Asse-GmbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen, Jahresbericht 2012 des Teilbereiches Standortüberwachung  
 Stand: 25.11.2013  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0002/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0001/02
- [25] Asse-GmbH  
 Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen, Jahresbericht 2014 des Teilbereiches Standortüberwachung  
 Stand: 11.05.2015  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PF/0006/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0007/01
- [26] GSF  
 Mikroseismische Überwachung auf der Schachanlage Asse - Jahresbericht 2006  
 Stand: 07.02.2007  
 GSF-KZL: 14/77754/SMÜ/HF/BT/0006/00
- [27] Asse-GmbH  
 05. Zwischenbericht Monitoring 750-m-Sohle – nördliche Richtstrecke nach Osten  
 Stand: 31.12.2014  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RA/0121/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64332000/GMÜ/GC/BT/0004/00
- [28] Gefahrenabschätzung für die Schachanlage Asse. Niedersächsisches Landesamt für Bodenfor-  
 schung / Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld / Bergamt Goslar. 1993.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 196

- [29] Asse-GmbH  
Datenbank des Salzlösungskataster der Schachanlage Asse II  
Stand: 31.03.2017
- [30] Asse-GmbH  
Messbulletin - Mai 2016 bis Oktober 2016  
Stand: 15.02.2017  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64320000/GMÜ/GC/BB/0042/00
- [31] Asse-GmbH  
Schwebendurchbrüche im Baufeld an der Südflanke (Na3, Leine-Steinsalz) der Schachanlage Asse II - Dokumentation  
Stand: 25.10.2010  
BfS-KZL: 9A/64140000/GB/R/0009/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64140000/MAR/GB/BZ/0001/00
- [32] Asse-GmbH  
Messbulletin – April 2012  
Stand: 06.06.2012  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64320000/GMÜ/GC/BB/0029/00
- [33] Asse-GmbH  
Zusammenstellung potenzieller Gefährdungen im Grubengebäude der Schachanlage Asse aus bergbausicherheitlicher und radiologischer Sicht  
Stand: 30.03.2012  
BfS-KZL: 9A/66000000/NB/RE/0002/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/24113000/SB/GH/BZ/0001/00
- [34] Institut für Gebirgsmechanik GmbH  
Gebirgsmechanische Gefährdungsanalyse der Abbaue 3 und 4 auf der 490-m-Sohle und des Abbaus 2 auf der 511-m-Sohle  
Stand: 13.06.2012  
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RB/0028/00
- [35] Asse-GmbH  
Dokumentation und Bewertung der Firstschädigungen oberhalb des Lösungsspeicherbeckens 1 (LSB1) im Westen des Abbaus 3 auf der 490-m-Sohle  
Stand: 29.07.2015  
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RB/0042/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BW/0023/00
- [36] Institut für Gebirgsmechanik  
Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens  
Stand: 17.05.2016  
BfS-KZL: 9A/64331000/GC/RB/0046/00
- [37] Asse-GmbH  
Bo-Ra-tec GmbH: Ergebnisbericht geophysikalischer First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstgesteinsverband des Abbaus 2 der 511-m-Sohle und des Abbaus 3 der 490-m-Sohle im Salzbergwerk ASSE II  
Stand: 14.02.2013  
BfS-KZL: 9A/64223000/GC/RB/0033/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/BW/0006/00

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 197

- [38] Asse-GmbH  
 Georadarmessungen zur Untersuchung der Schwebelage zwischen der Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle und der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle  
 Stand: 02.06.2017  
 BGE-SZ-KZL: 9A/64320000/GC/RZ/0029/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0010/02
- [39] Asse-GmbH  
 Sachstandsbericht zu den gebirgsmechanischen Reaktionen im Abbau 6a auf der 532-m-Sohle – Arbeitsbericht des Teilbereichs Standortüberwachung Nr. 14/2009 –  
 Stand: 11.12.2009  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/RE/0002/01  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64320000/GMÜ/GC/BW/0003/01
- [40] Asse-GmbH  
 Gebirgsmechanische Bewertung der Firstsituation im Abbau 6a/532-m-Sohle durch GPR-Messungen und Erkundungsbohrungen zur Verifizierung der GPR-Messungen  
 Stand: 22.03.2010  
 BfS-KZL: 9A/64332000/GC/RB/0017/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64221000/GEO/HA/BN/0002/00
- [41] Asse-GmbH  
 Bo-Ra-tec GmbH: Ergebnisbericht geophysikalischer First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstgesteinsverband in den Abbauen 7a, 7b, 8a, 8b, 9a und 9b der 532-m-Sohle sowie Sohlen-Radar-Messungen in der Abbaubegleitstrecke auf der 511-m-Sohle im Salzbergwerk Asse  
 Stand: 17.10.2013  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/BW/0008/00
- [42] Asse-GmbH  
 Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Abbaue 7a bis 9b auf der 532-m-Sohle  
 Stand: 10.06.2014  
 BfS-KZL: 9A/64330000/GC/PB/0006/00  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BN/0001/01
- [43] Asse-GmbH  
 Bo-Ra-tec GmbH: Ergänzungsbericht geophysikalischer First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstbereich der Abbaue 7b (Nord) und 8b (Süd) auf der 532-m-Sohle der Schachanlage ASSE II  
 Stand: 12.03.2014  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/BW/0013/00
- [44] BGE mbH  
 Sonderbetriebsplan Nr. 8/2018 „Erstellen von geotechnischen Bauwerken im Nahbereich der MAW-Kammer 8a/511 auf der 532-m-Sohle (SB-532-1 bis SB-532-4) sowie angrenzender Bauwerke“  
 Stand: 19.06.2018  
 BGE-Asse-KZL: 9A/13223000/-/-/RHV/DB/EP/0022/00
- [45] BGE mbH  
 Erläuterungen und Auswirkungen auf den Nahbereich der MAW-Kammer im Zusammenhang mit der Sorelbetoneinbringung - Erfüllung der Nebenbestimmung 6, Sonderbetriebsplan 08/2018  
 Stand: 25.06.2019  
 BGE-Asse-KZL: 9A/13223000/BPL/-/-/DB/AB/0001/00

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 198

- [46] BGE mbH  
Auswirkungen der Sorelbetoneinbringung in die nördliche Umfahrung des Nebenabbaus 6a/532 auf der 532-m-Sohle  
Stand: 17.10.2019  
BGE-Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/-/-/GC/HB/0001/00
- [47] Asse-GmbH  
Monitoring im Bereich Wendelstrecke von der 490- bis zur 850-m-Sohle  
Stand: 20.01.2017  
BfS-KZL: 9A/64320000/GC/RZ/0031/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0011/00
- [48] Asse-GmbH  
01. Monitoringbericht zu den Infrastrukturräumen auf der 700-m-Sohle  
Stand: 20.10.2015  
BfS-KZL: 9A/64320000/GC/RB/0043/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BT/0003/00
- [49] BGE mbH  
Geologische Aufnahme des Bohrortes im Ostfeld der 700-m-Sohle nach Abschluss der 1. Auf-fahrungsphase  
Stand: 29.11.2018  
BGE-Asse-KZL: 9A/64221000/GEO/-/-/HA/BN/0017/00
- [50] Asse-GmbH  
Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen in der Schachanlage Asse II - Standorterkundungen- Ergebnisse der Kamerabefahrungen und der geotechnischen Messungen in den Erkundungs- bohrungen im Bereich der geplanten Bauwerke SB-700-2 und SBS-750-10  
Stand: 21.12.2015  
Asse-GmbH-KZL: 9A/44214000/BSB/GC/BW/0010/00
- [51] Institut für Gebirgsmechanik  
Bewertung des Gebirgsbereiches nordöstlich der Richtstrecke nach Osten im Sohlenniveau der 700-m-Sohle im Hinblick auf eine Nutzung als Bohrort zur Faktenerhebung Einlagerungskammer 12/750  
Stand: 20.09.2016  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BW/0001/00
- [52] BGE mbH  
Erläuterungsbericht zu den Gebirgsbeobachtungen 2018  
Stand: 30.01.2019  
BGE-SZ-KZL: 9A/64140000/-/-/GB/RA/0210/00  
BGE-Asse-KZL: 9A/64140000/MAR/-/-/GB/BZ/0020/00
- [53] Institut für Gebirgsmechanik  
Ergebnisse der Standorterkundungen an dem Referenzstandort R4  
Stand: 31.05.2006  
GSF-KZL: 10/77725/BSB/CD/BW/0006/00
- [54] Asse-GmbH  
Gebirgsmechanische Stellungnahme zur Situation im Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle der Schachanlage Asse II  
Stand: 12.07.2012  
BfS-KZL: 9A/64330000/GC/BN/0009/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64330000/GMÜ/GC/BN/0002/00

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 199

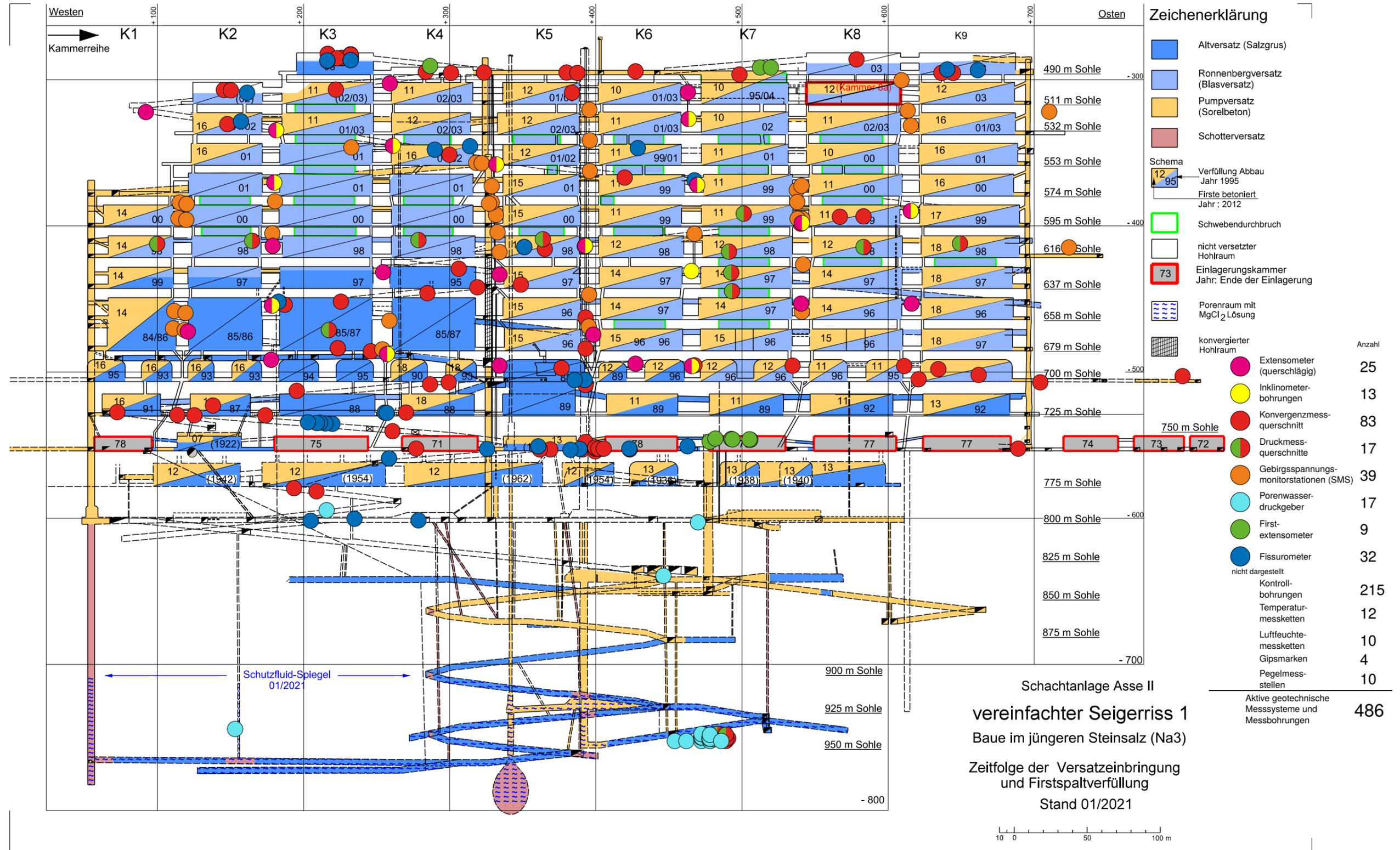
- [55] Asse-GmbH  
Mögliche Maßnahmen zur Stützung und Stabilisierung des Füllortes am Schacht 2 im Bereich der 750-m-Sohle  
Stand: 27.08.2012  
BfS-KZL: 9A/63220000/GJ/RZ/0001/00  
Asse-GmbH-KZL: 9A/63220000/FBA/GJ/LA/0001/00
- [56] Asse-GmbH  
Bo-Ra-tec GmbH: Anlage zum Ergebnisbericht geophysikalischer Bohrloch- und First-Radar-Messungen zur Ortung von Inhomogenitäten im Firstbereich der nördlichen Richtstrecke nach Osten und der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle der Schachanlage ASSE II  
Stand: 14.02.2014  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64223000/GMÜ/GC/RA/0004/00
- [57] BGE mbH  
07. Zwischenbericht: Monitoring 750-m-Sohle - Nördliche Richtstrecke nach Osten  
Stand: 15.02.2019  
BGE-Asse-KZL: 9A/64332000/GMÜ/-/-/GC/BT/0006/00
- [58] Asse GmbH  
Zusammenstellung und Bewertung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachanlage Asse II  
Stand: 21.07.2009  
BfS-KZL: 9A/64222100/HG/RB/0002/01  
Asse-GmbH-KZL: 9A/-/GEH/EB/BW/0001/00
- [59] BGE mbH  
Hauptbetriebsplan der Schachanlage Asse II für den Geltungsraum 01.10.2019 bis 30.09.2021  
Stand: 20.05.2019  
BGE-Asse-KZL: 9A/13222000/BPL/-/-/DB/LA/0012/00
- [60] Ercosplan  
Zusammenstellung aller vorliegenden Daten zu den Reichelt-Sümpfen auf der 750-m-Sohle der Schachanlage Asse II  
Stand: 18.11.2011  
BfS-KZL: 9A/64222100/GC/RB/0020/01  
Asse-GmbH-KZL: 9A/62220000/-/GD/BW/0001/00
- [61] GSF  
Zusammenstellung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachanlage Asse II  
Stand: 31.12.2001  
Asse-GmbH-KZL: 9A/64222100/HDR/HE/BZ/0001/00
- [62] GSF  
Zusammenstellung und Bewertung der vor 1988 im Grubengebäude der Schachanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen und Gase  
Stand: 30.05.2003  
GSF-KZL: 09/77733/LZS/BE/BN/0002/02
- [63] Charles E. Harvie und John H. Weare. „The prediction of mineral solubilities in natural waters: the Na, K, Mg, Ca, Cl, SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O system from zero to high concentration at 25 °C“. In: *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Bd. 44. 1980, S. 981–997.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 200

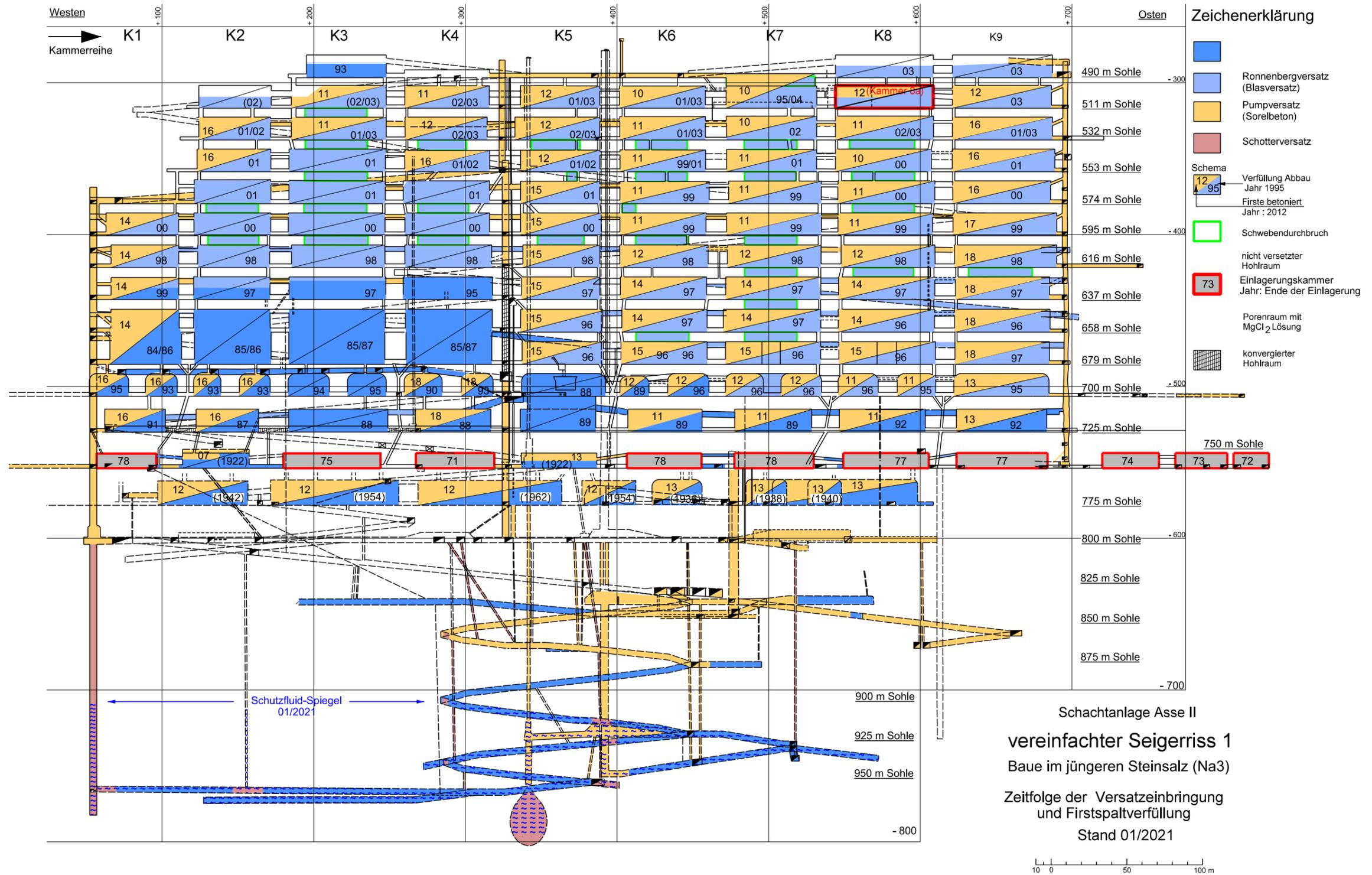
- [64] Technische Universität Clausthal  
 Geochemische Untersuchungen zur Herkunft salinärer Lösungen Sr- und Pb-Isotope als Tracer in Lösungen der Schachanlage Asse  
 Stand: 15.01.2006  
 GSF-KZL: 09-/LZS/BE/BN/0001/00
- [65] Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH  
 Analytik, chemische Überwachung und Dokumentation der Salzlösungen des Forschungsbergwerks Asse, Berichtszeitraum Januar bis Juni 2007  
 Stand: 15.12.2007  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64222100/HDR/HE/BZ/0002/00
- [66] AFRY Schweiz AG  
 Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen in Salzlösungen der Schachanlage Asse II 2008–2017: Auswertung und Interpretation  
 Stand: 02.10.2020  
 BGE-SZ-KZL: 9A/22100000/-/-/HGG/RZ/0008/00
- [67] Ercosplan  
 Studie Geochemische Bewertung der Salzlösungszutritte im Bergwerk Asse II  
 Stand: 11.04.2003  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/77733000/LZS/EG/BZ/0252/00
- [68] BGE mbH  
 Dokumentation der Daten des übertägigen hydrogeologischen Messnetzes der BGE aus dem Zeitraum 2016–2017  
 Stand: 28.01.2020  
 BGE-Asse-KZL: 9A/64212000/HDR/-/-/HG/BN/0006/00
- [69] Asse-GmbH  
 Bericht zur Durchführung der Referenzmessungen an den Grundwassermessstellen des übertägigen Messnetzes  
 Stand: 08.09.2014  
 Asse-GmbH-KZL: 9A/64212000/HDR/HG/BN/0002/00

### Anhang 1: Allgemeine Darstellungen

#### Anhang 1.1: Lage der geotechnischen Messstellen



### Anhang 1.2: Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung



Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 203

### Anhang 1.3: Status und Bilanzierung der Einbringung von Versatzmaterialien in das Grubengebäude, Stand 30.11.2020

#### Versatzanteile aus der Firstspaltverfüllung in den Abbaureihen 1 bis 9 im Baufeld der Südflanke oberhalb der 750-m-Sohle

##### Zusammenfassung

Bezeichnung	Abbauvolumen [m <sup>3</sup> ]	mit Salz versetztes Volumen [m <sup>3</sup> ]	Firstspalt geschätzt [m <sup>3</sup> ]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton [m <sup>3</sup> ]
Summe Westflügel	480.965	470.016	10.922	10.949
Summe Ostflügel	1.393.457	1.333.406	53.295	60.051
Summe	1.874.422	1.803.422	64.217	71.000
Zugänge				6.196
Gesamtsumme				77.196

#### Westflügel und Ostflügel (nur zum Berichtsstand bereits verfüllte Abbaue)

lfd. Nr.	Abbaubezeichnung [Abbaureihe/Sohle]	Abbauvolumen* [m <sup>3</sup> ]	mit Salz versetztes Volumen [m <sup>3</sup> ]	Firstspalt geschätzt [m <sup>3</sup> ]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton** [m <sup>3</sup> ]	Verfüllzeitraum
1	1/595	26.430	26.036	350	394	16.07.14 - 17.07.14
2	1/616	17.841	17.032	369	809	31.07.14 - 06.08.14
3	1/637	13.308	13.049	339	259	22.09.14 - 23.09.14
4	1/658 und 1/679	38.582	38.417	220	165	21.10.14 - 22.10.14
5, 6	1/700 und 2/700	14.333	13.848	650	485	26.11.15 - 02.12.15
	Summe Abbaureihe 1	110.494	108.382	1.928	2.112	
7	2/532	26.966	25.662	1.000	1.304	12.03.12 - 18.07.16
8	2/553	19.751	19.377	482	374	10.05.16 - 12.09.16
9, 10	3/700 und 4/700	11.078	10.960	600	118	14.12.16 - 15.15.16
	Summe Abbaureihe 2	57.795	55.999	2.082	1.796	
11	3/511	33.952	32.670	928	1.282	07.01.11 - 09.02.11
12	3/532	36.597	34.936	743	1.661	18.01.11 - 13.05.11
	Summe Abbaureihe 3	70.549	67.606	1.671	2.943	
13	4/511	37.832	35.583	750	2.249	07.01.11 - 23.02.11
14	4/532	34.532	32.718	1.268	1.814	10.02.12 - 31.05.16
15	4/553	28.375	28.375			
16, 17	7/700 und 8/700	11.408	11.373	140	35	08.12.15 - 05.03.18
	Summe Abbaureihe 4	242.127	238.029	5.241	4.098	
18	5/511	26.570	25.380	1.000	1.190	16.01.12 - 26.01.12
19	5/532	30.250	29.705	672	545	03.02.12 - 24.02.12
20	5/553	24.709	24.292	500	417	10.02.12 - 16.02.12
21	5/574	27.845	27.237	608	608	01.04.15 - 07.04.15
22	5/595	21.763	20.967	500	796	09.03.15 - 08.04.15
23	5/616	18.339	18.162	453	177	19.05.15 - 19.05.15
24	5/637	12.349	12.208	328	141	30.06.15 - 30.06.15
25	5/658	10.606	10.282	600	324	09.04.15 - 10.04.15
26	5/679	20.345	19.371	461	974	13.04.15 - 21.04.15
	Summe Abbaureihe 5	192.776	187.604	5.122	5.172	
27	6/511	28.075	27.421	691	654	17.06.10 - 06.08.10
28	6/532	27.145	25.391	791	1.754	07.12.09 - 28.06.11
29	6/553	28.507	28.010	576	497	20.08.10 - 08.03.11
30	6/574	25.848	25.396	567	452	23.02.11 - 12.03.11
31	6/595	30.506	30.101	645	405	30.06.11 - 04.07.11
32	6/616	23.294	23.188	581	106	02.05.12 - 02.05.12
33	6/637	14.359	14.147	200	212	05.03.14 - 23.06.14
34	6/658	16.392	15.449	200	943	02.06.14 - 05.06.14
35	6/679	16.778	16.658	276	120	25.02.15 - 25.02.15
36, 37	11/700 und 12/700	6.649	5.938	2.752	711	08.07.11 - 06.03.12
38	6/725	14.328	14.089	721	239	30.05.11 - 31.05.11
	Summe Abbaureihe 6	231.881	225.788	8.000	6.093	
39, 40	7/490 und 7/511	46.041	44.653	614	1.388	17.06.10 - 03.08.10

Fortsetzung nächstes Blatt

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	6430000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 204

Fortsetzung

lfd. Nr.	Abbaubezeichnung [Abbaureihe/Sohle]	Abbauvolumen* [m <sup>3</sup> ]	mit Salz versetztes Volumen [m <sup>3</sup> ]	Firstspalt geschätzt [m <sup>3</sup> ]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton** [m <sup>3</sup> ]	Verfüllzeitraum
41, 42	7a/511 und 7b/511	2.623	2.292	365	331	22.04.10 - 27.04.10
43	7/532	31.603	29.627	824	1.976	15.03.10 - 21.05.10
44	7/553	26.186	25.768	1.309	418	11.08.10 - 08.03.10
45	7/574	29.253	29.021	777	232	14.03.11 - 14.03.11
46	7/595	30.411	28.804	726	1.607	05.07.11 - 16.08.11
47	7/616	28.718	26.941	6.652	1.777	19.04.12 - 02.05.12
48	7/637	37.334	36.796	300	538	28.02.14 - 25.06.14
49	7/658	28.985	28.848	300	137	27.05.14 - 28.05.14
50	7/679	27.247	24.326	600	2.921	25.02.15 - 25.03.15
51, 52	13/700 und 14/700	35.009	33.899	4.206	1.110	08.09.11 - 06.03.12
53	7/725	16.842	16.335	755	507	08.06.11 - 15.11.11
Summe Abbaureihe 7		340.252	327.310	17.428	12.942	
54	8/511	32.015	27.965	3.084	4.050	29.11.11 - 13.01.12
55	8/532	32.038	30.037	785	2.001	05.02.10 - 21.06.11
56	8/553	30.009	29.211	534	798	11.08.10 - 19.08.10
57	8/574	31.139	30.493	513	646	14.03.11 - 19.03.11
58	8/595	31.361	31.195	472	166	17.08.11 - 18.08.11
59	8/616	30.633	28.325	730	2.308	19.03.12 - 03.04.12
60	8/637	33.217	32.897	350	320	25.02.14 - 25.06.14
61	8/658	30.109	28.594	400	1.515	19.05.14 - 27.05.14
62	8/679	29.855	27.660	1.250	2.195	02.02.15 - 13.02.15
63, 64	15/700 und 16/700	26.725	24.514	3.478	2.211	15.09.11 - 13.10.11
65	8/725	19.527	19.178	893	349	14.06.11 - 14.11.11
Summe Abbaureihe 8		326.628	310.069	12.489	16.559	
66	9/511	31.930	30.005	1.879	1.925	24.03.11 - 08.02.12
67	9/532	32.967	32.241	797	726	15.09.16 - 21.09.16
68	9/553	33.424	31.580	1.119	1.844	04.10.16 - 13.10.16
69	9/574	32.942	30.664	877	2.278	07.11.16 - 18.11.16
70	9/595	31.488	30.422	861	1.066	02.01.17 - 09.01.17
71	9/616	34.532	29.089	785	5.443	04.07.17 - 04.01.18
72	9/637	36.258	35.679	686	579	27.03.18 - 18.04.18
73	9/658	28.075	26.918	643	1.157	18.01.18 - 29.01.18
74	9/679	23.622	21.955	691	1.667	14.02.18 - 02.03.18
75, 76	17/700 und 18/700	22.326	20.477	1.000	1.849	19.12.12 - 26.09.13
77	9/725	19.796	19.045	918	751	17.07.13 - 07.10.13
Summe Abbaureihe 9		327.360	308.075	10.256	19.285	

\* unter Berücksichtigung der Konvergenz bis 30.11.2020 kalkuliertes Volumen    \*\* Stand: 11/2020

## Versatzanteile aus der Firstspaltverfüllung in den Abbauen im Sattelkern auf der 775-m-Sohle

lfd. Nr.	Abbaubezeichnung [Abbaureihe/Sohle]	Abbauvolumen* [m <sup>3</sup> ]	mit Salz versetztes Volumen [m <sup>3</sup> ]	Firstspalt geschätzt [m <sup>3</sup> ]	Verfüllvolumen mit Sorelbeton** [m <sup>3</sup> ]	Verfüllzeitraum
1	1/775	11.317	10.198	-	1.119	22.10.12 - 13.11.12
2	2/775	24.275	24.040	-	235	18.06.12 - 14.11.12
3	3/775	44.787	42.727	-	2.060	23.05.12 - 18.10.12
4	3a/775	6.665	6.452	-	213	18.10.12 - 19.10.12
5	4/775	8.276	4.715	-	3.561	07.12.07 - 05.06.12
6	5/775	7.466	5.391	-	2.075	07.08.12 - 16.09.12
7	1a/775***	12.687	12.184	-	503	
8	1b/775	17.174	15.832	-	1.342	17.09.13 - 24.09.13
9	1c/775	14.252	13.750	-	502	17.09.13 - 18.09.13
Summe		146.899	135.289	-	11.610	

\* unter Berücksichtigung der Konvergenz bis 30.11.2020 kalkuliertes Volumen    \*\* Stand: 11/2020

\*\*\* kein Firstspalt vorhanden, Sorelbetonvolumen ist der Zugang

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	6430000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 205

## Versatzeinbringung ausgewählter Strecken und Schächte im Grubengebäude oberhalb der 875-m-Sohle

lfd. Nr.	Sohle	Abbau bzw. Grubenraum	Volumen* [m³]	mit Salz versetztes Volumen [m³]	Verfüll- volumen mit Sorelbeton** [m³]	Verfüllzeitraum
1	490- bis 553-m-Sohle	Blindschacht 2a	829	0	829	28.01.13 - 11.02.13
2	490- bis 750-m-Sohle	Blindschacht 3	5.360	0	5.360	14.03.14 - 19.07.16
3	490-m-Sohle	südliche Richtstrecke	2.643	0	2.643	26.08.15 - 06.10.15
4	490-m-Sohle	Streckenstummel im ehemaligen Auslaugver- suchsfeld	195	0	195	04.10.18 - 09.10.18
5	511-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 7/511	1.588	0	1.588	06.07.15 - 24.07.15
6	532-m-Sohle	Nebenabbau und Zugänge 6a/532, 7a/532, 7b/532 (Süd), 9a/532 und 9b/532	69.082	54.904	13.543	20.08.15 - 21.09.18
7	532-m-Sohle	Nebenabbau und Zugänge 8a/532, 8b/532 und 7b/532 (Nord)	47.750	36.846	13.410	24.06.19 - 03.04.20
8	532-m-Sohle	nördliche Umfahrung	2.589	0	2.589	15.01.20 - 03.04.20
9	532-m-Sohle	Richtstrecke Abbau 5 bis 2/532	5.141	0	5.141	10.03.20 - 16.06.20
10	553- bis 700-m-Sohle	Blindschacht 2	4.404	0	4.404	24.08.11 - 26.08.11
11	553-m-Sohle	Querschlag zum Blindschacht 2	699	0	699	19.08.11 - 31.01.13
12	574- bis 800-m-Sohle	Blindschacht 1	4.556	0	4.556	11.04.13 - 15.07.13
13	574-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 1/574	4.230	0	4.230	29.08.08 - 27.05.15
14	574-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 5/574	2.984	0	2.984	12.09.14 - 10.11.14
15	574-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 3/574 und 4/574	1.639	0	1.639	24.09.18 - 23.11.18
16	574-m-Sohle	Wetterstrecke zum Blindschacht 1	2.720	0	2.720	02.05.19 - 26.08.19
17	595-m-Sohle	Richtstrecke	2.366	0	2.366	17.11.14 - 15.12.14
18	595-m-Sohle	Richtstrecke vor Abbau 1/595	2.366	0	2.366	17.11.14 - 15.12.14
19	595-m-Sohle	Richtstrecke bis Abbau 6/595	5.423	0	5.423	10.05.19 - 03.07.19
20	595-m-Sohle	Richtstrecke von Abbau 6 bis 9/595	5.448	0	5.448	22.06.20 - 10.11.20
21	616-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	6.433	3.583	2.850	18.07.14 - 19.05.15
22	616-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	5.605	1.815	3.790	04.01.18 - 18.07.18
23	637-m-Sohle	Appendix Schacht 2	819	0	819	13.04.17 - 23.01.19
24	637-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	4.337	812	3.525	24.10.13 - 03.12.13
25	637-m-Sohle	alte Wendelstrecke zur 658-m-Sohle	13.281	6.226	6.857	13.02.17 - 18.01.18
26	637-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	6.034	1.534	4.500	12.03.18 - 30.05.18
27	658-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	8.825	5.799	3.026	05.05.14 - 30.01.18
28	658-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	1.023	0	1.023	21.12.14 - 11.02.19
29	658-m-Sohle	Teilstück der Diagonalstrecke	2.640	881	1.759	24.04.14 - 08.02.19
30	679-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten im Firstniveau	9.672	7.178	2.366	15.01.15 - 25.03.15
31	700-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen im Firstniveau	4.351	3.210	1.141	05.10.15 - 08.12.15
32	700-m-Sohle	Querschlag zum Carnallitbaufeld	746	0	746	27.10.15 - 11.11.15
33	700-m-Sohle	Bereich um die Baustoffanlage	2.349	0	2.349	07.01.20 - 01.09.20
34	725-m-Sohle	Richtstrecke nach Osten	5.075	3.640	1.435	16.05.11 - 25.04.13
35	725-m-Sohle	Richtstrecke nach Westen	4.137	3.317	699	02.11.16 - 14.12.16
36	750-m-Sohle	2. südliche Richtstrecke nach Westen	2.819	0	2.819	05.03.09 - 25.04.17
37	750-m-Sohle	2. nördliche Richtstrecke nach Osten***	3.420	0	3.420	07.07.15 - 15.02.17
38	750-m-Sohle	3. westlicher Querschlag	5.325	0	5.325	20.09.05 - 21.08.07
39	750-m-Sohle	Testversuchsfeld 4 und PAE-Überfahung	9.175	3.251	5.924	25.09.06 - 26.06.07
40	750-m-Sohle	Sattelrichtstrecke nach Westen****	2.812	0	2.812	27.03.14 - 02.10.14
41	775- bis 800-m-Sohle	Blindschacht 4	731	0	731	05.06.08
42	775-m-Sohle	südliche Richtstrecke nach Westen	2.786	0	2.786	17.11.10 - 23.03.11
43	775-m-Sohle	2. südliche Richtstrecke nach Westen	3.037	0	3.037	11.04.11 - 10.05.11
44	775-m-Sohle	südliche Richtstrecke nach Osten	3.150	0	3.150	02.10.08 - 04.10.10
45	800-m-Sohle	PAE-Felder	3.667	1.910	214	08.03.17 - 02.11.17
46	800-m-Sohle	PAE- Zufahrtstrecke	4.207	4.012	195	24.04.15 - 23.10.17
47	800-m-Sohle	südliche Richtstrecke, östliche Zufahrt zum Schacht 2; Querschlag zum Blindschacht 4	6.228	0	6.228	18.01.16 - 24.11.16
48	850-m-Sohle	Diagonal Querschlag	3.810	0	3.810	19.06.08 - 09.09.14
49	850-m-Sohle	Strecke A3	2.857	0	2.857	15.04.16 - 23.08.17
50	850-m-Sohle	Strecke A4	2.411	0	2.411	15.12.15 - 21.01.16
51	850-m-Sohle	alte Wendelstrecke	2.077	0	2.077	09.09.14 - 25.10.16
		Summe	305.851	138.918	166.814	

\* unter Berücksichtigung der Konvergenz bis 30.11.2020 kalkuliertes Volumen

\*\* Stand: 11/2020

\*\*\* hier wird nur der betonierete westliche Bereich aufgeführt

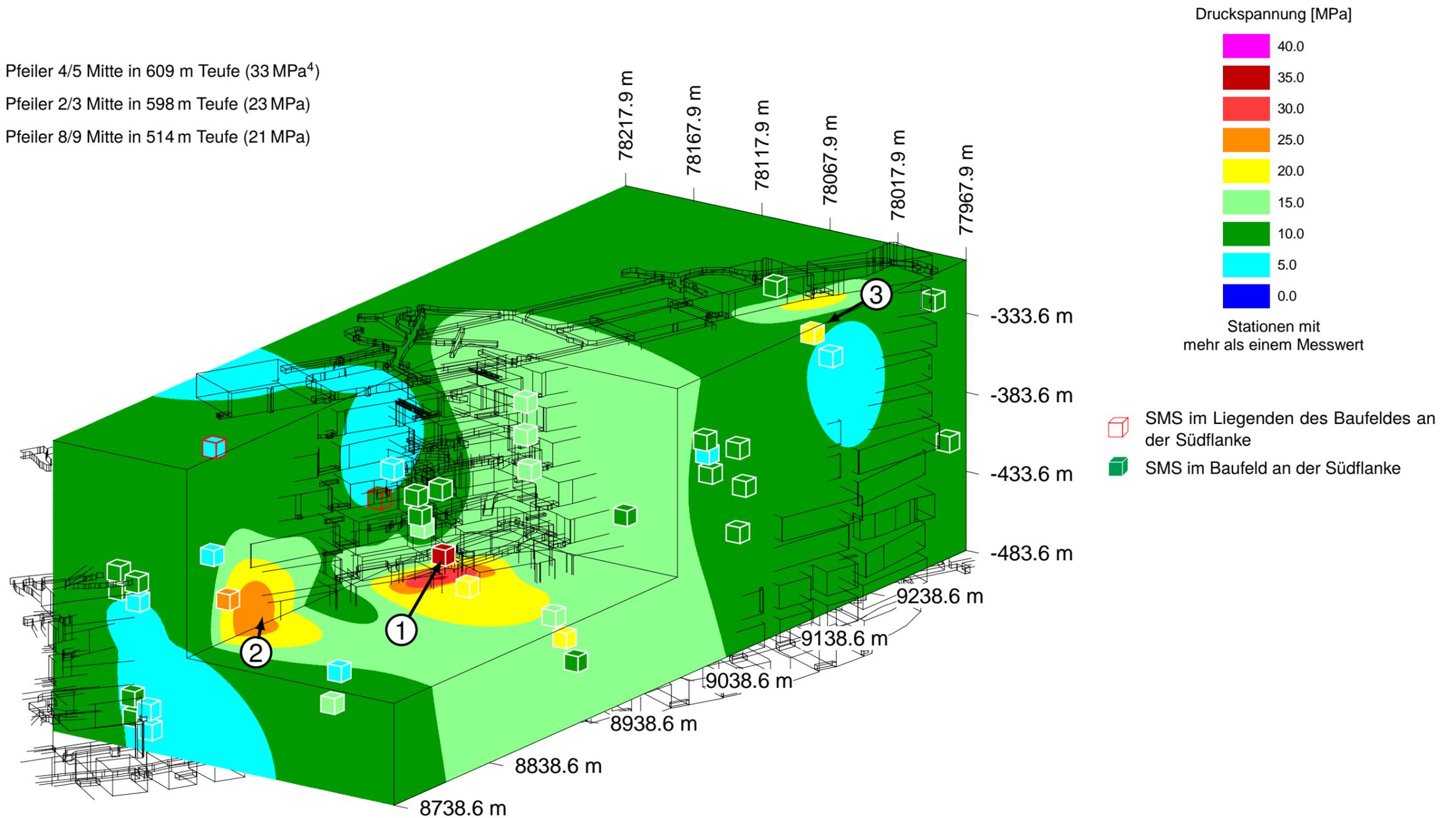
\*\*\*\* Bereich von der nördlichen Richtstrecke n. Westen bis zum 2. westl. Querschlag. Sohle im westlichen Bereich mit Salz aufgefüllt.

 im Jahr 2020 verfüllt

## Anhang 2: Ergebnisse der Gebirgsspannungsmessungen

### Anhang 2.1: Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 11/2019

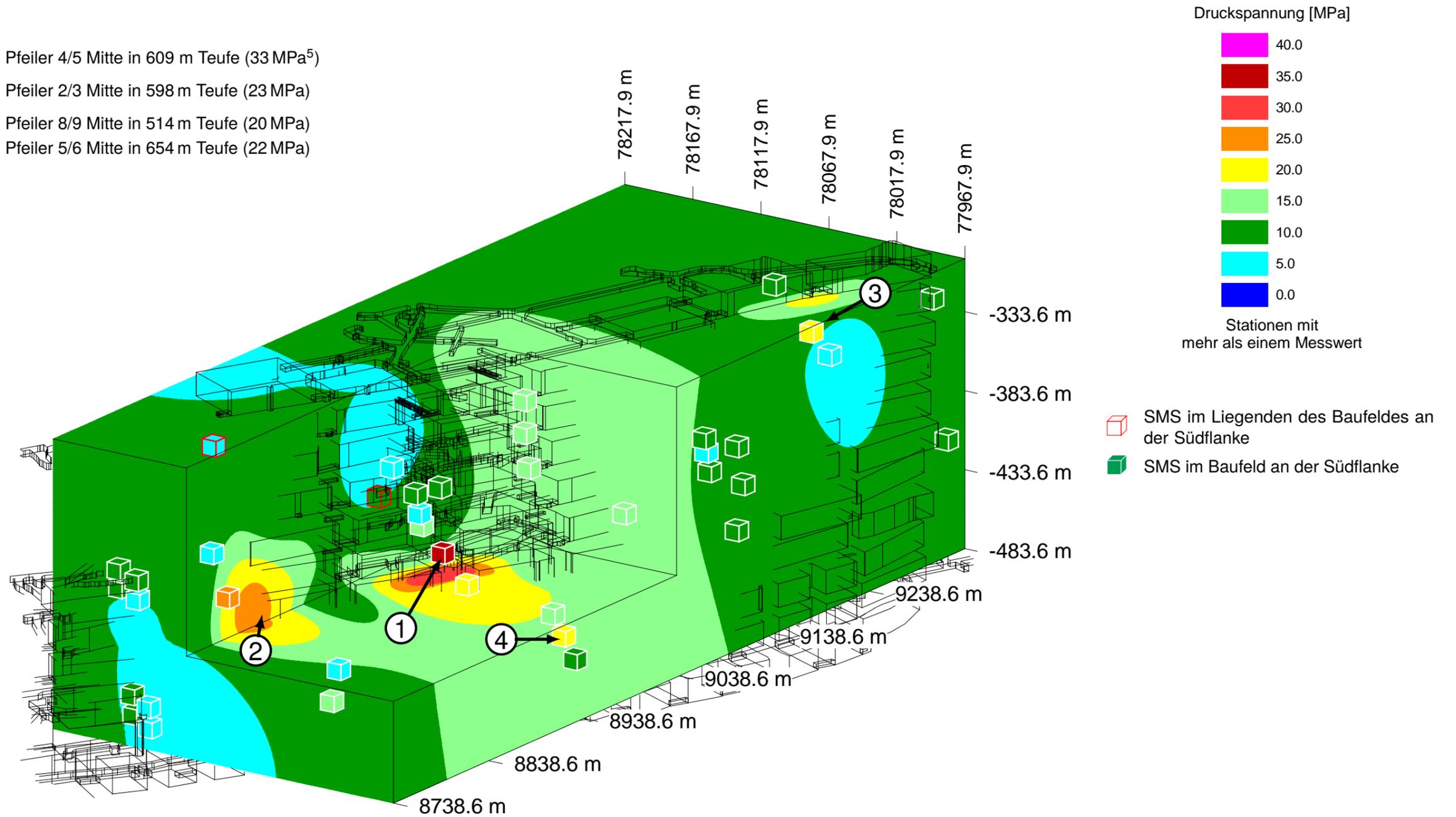
- ① Pfeiler 4/5 Mitte in 609 m Teufe (33 MPa<sup>4</sup>)
- ② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa)
- ③ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (21 MPa)



<sup>4</sup> Aus dem Verlauf der Messkurve kann von einem unveränderten Spannungsniveau ausgegangen werden (s. Anhang 2.6 auf Blatt 216).

**Anhang 2.2: Gesamte räumliche Verteilung der maximalen Spannungsmesswerte 12/2020**

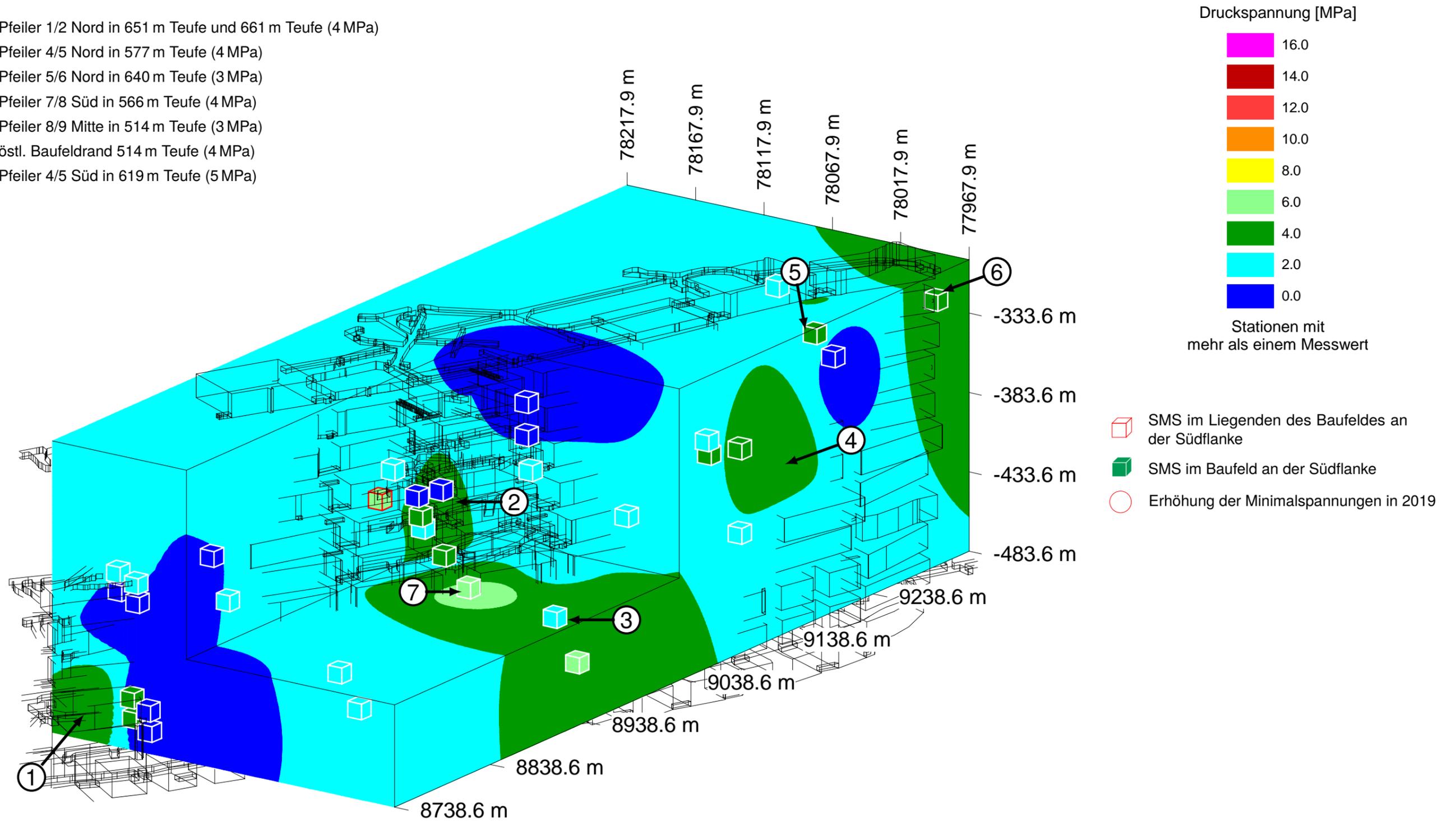
- ① Pfeiler 4/5 Mitte in 609 m Teufe (33 MPa<sup>5</sup>)
- ② Pfeiler 2/3 Mitte in 598 m Teufe (23 MPa)
- ③ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (20 MPa)
- ④ Pfeiler 5/6 Mitte in 654 m Teufe (22 MPa)



<sup>5</sup> Aus dem Verlauf der Messkurve kann von einem unveränderten Spannungsniveau ausgegangen werden (s. Anhang 2.6 auf Blatt 216).

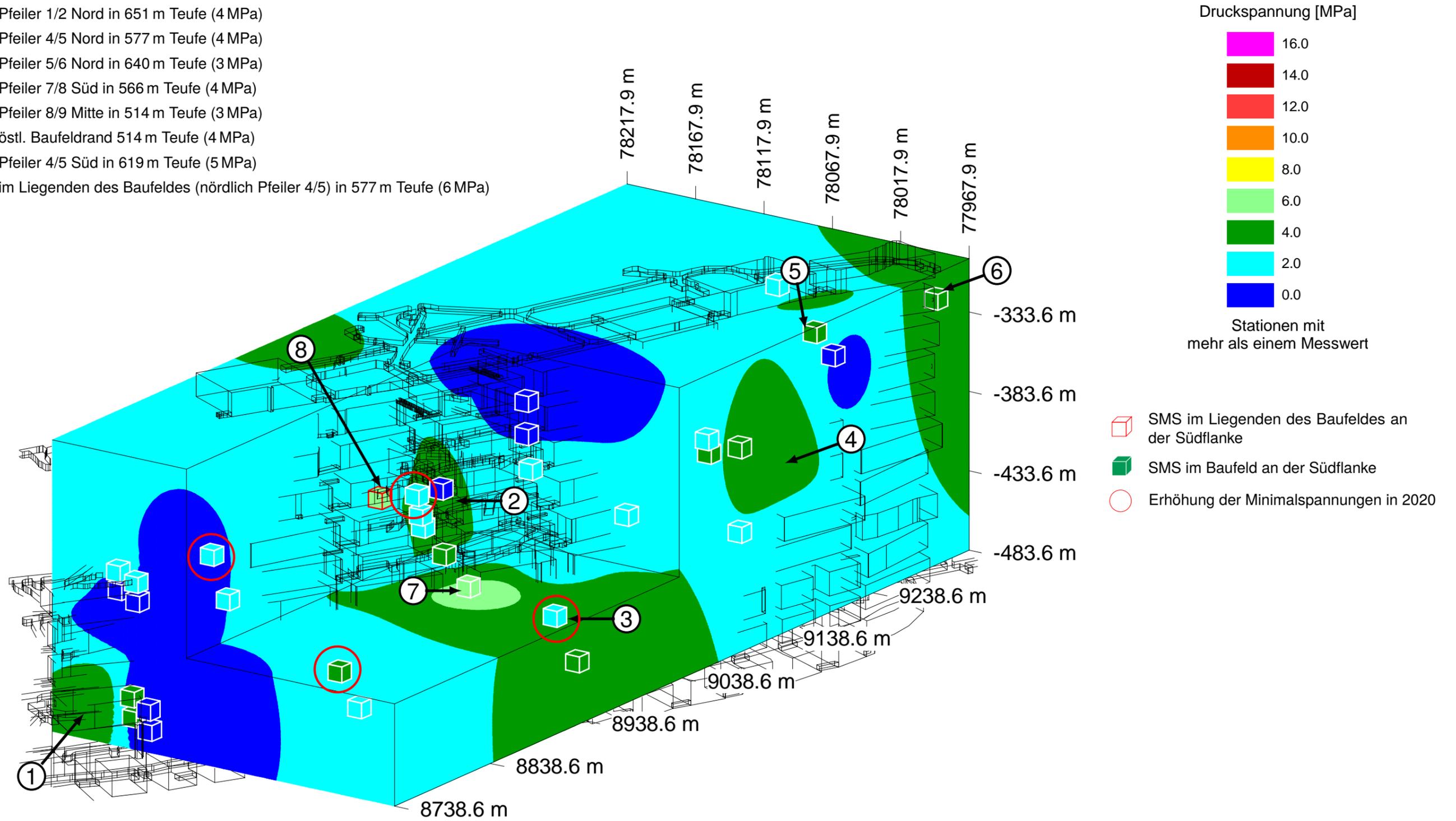
**Anhang 2.3: Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungswerte 11/2019**

- ① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe und 661 m Teufe (4 MPa)
- ② Pfeiler 4/5 Nord in 577 m Teufe (4 MPa)
- ③ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (3 MPa)
- ④ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (4 MPa)
- ⑤ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3 MPa)
- ⑥ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (4 MPa)
- ⑦ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (5 MPa)



### Anhang 2.4: Gesamte räumliche Verteilung der minimalen Spannungswerte 12/2020

- ① Pfeiler 1/2 Nord in 651 m Teufe (4 MPa)
- ② Pfeiler 4/5 Nord in 577 m Teufe (4 MPa)
- ③ Pfeiler 5/6 Nord in 640 m Teufe (3 MPa)
- ④ Pfeiler 7/8 Süd in 566 m Teufe (4 MPa)
- ⑤ Pfeiler 8/9 Mitte in 514 m Teufe (3 MPa)
- ⑥ östl. Baufeldrand 514 m Teufe (4 MPa)
- ⑦ Pfeiler 4/5 Süd in 619 m Teufe (5 MPa)
- ⑧ im Liegenden des Baufeldes (nördlich Pfeiler 4/5) in 577 m Teufe (6 MPa)



### Anhang 2.5: Tabellarische Werte der maximalen und minimalen Spannungen

Bohrung	Lage der SMS			Koordinaten			01.11.2010		01.11.2011		01.11.2012		01.11.2013		01.11.2014		01.11.2015		01.11.2016		01.11.2017		01.11.2018		15.11.2019		31.12.2020		Beobachtungszeitraum (Differenz 2020–2010)		Berichtszeitraum (Differenz 2020–2019)		Spannungsdifferenzen ( $\sigma_{max}-\sigma_{min}$ )		Veränderung der Spannungsdifferenzen $\Delta\sigma_{2020} - \Delta\sigma_{2019}$		
	Pfeiler -	Lage -	Teufe m	Rechtswert m	Hochwert m	Höhe mNN	$\sigma_{max}$ MPa	$\sigma_{min}$ MPa	$\sigma_{max}$ MPa	$\sigma_{min}$ MPa	$\Delta\sigma_{2019}$ MPa	$\Delta\sigma_{2020}$ MPa	$\Delta\sigma_{2019}$ MPa	$\Delta\sigma_{2020}$ MPa																							
<b>Westflügel</b>																																					
SMS 1/574	1/2	Süd	661	4408738,61	5778146,71	-469,26	5,93	0,04	5,94	0,04	5,91	0,04	5,92	0,04	5,89	0,04	5,88	0,06	5,82	0,08	5,82	0,09	5,73	0,06	5,67	0,05	5,64	0,09	-0,29	0,05	-0,02	0,04	5,61	5,55	-0,06		
SMS 1/574	1/2	Süd	651	4408740,42	5778149,08	-457,33	4,72	0,04	4,77	0,04	4,80	0,04	4,87	0,17	4,92	0,15	4,95	0,14	4,93	0,17	4,92	0,19	4,99	0,17	5,00	0,13	5,00	0,12	0,28	0,08	-0,01	-0,01	4,87	4,88	0,01		
SMS 2/574	1/2	Süd	588	4408749,32	5778163,23	-394,04	6,27	0,22	6,31	0,24	6,36	0,22	6,27	0,23	6,38	0,22	6,38	0,20	6,32	0,21	6,31	0,22	6,38	0,24	6,34	0,25	6,40	0,25	0,12	0,03	0,06	0,01	6,09	6,14	0,05		
SMS 2/574	1/2	Süd	577	4408751,07	5778165,45	-383,00	7,65	1,21	7,63	1,25	7,46	1,17	7,66	1,50	7,34	1,20	8,77	1,10	9,65	1,04	10,13	0,99	10,75	1,27	11,30	1,27	11,84	1,14	4,19	-0,07	0,54	-0,13	10,03	10,70	0,67		
SMS 5/574	2/3	Süd	609	4408804,13	5778129,77	-415,40	12,17	1,76	12,08	1,85	11,96	1,55	11,94	1,77	11,69																						
SMS 1/679	3/4	Süd	670	4408866,71	5778083,23	-477,50	9,35	2,11		2,31		2,31		2,39		2,50		2,56		2,54		2,62		2,70		2,66		2,77				0,66		0,11			
SMS 5/553	3/4	Süd	534	4408876,36	5778105,91	-340,16	12,63	1,55	12,84	1,88	12,86	1,98	12,50	1,80		1,90																					
<b>Mittelwert Süd</b>																																					
SMS 5/574	2/3	Mitte	598	4408808,75	5778138,82	-404,36	23,86	1,59	23,77	1,49	23,78	1,45	23,84	1,38	23,96	1,25	23,79	1,19	23,58	1,20	23,49	1,19	23,46	1,13	23,52	1,08	23,21	1,02	-0,65	-0,57	-0,31	-0,06	22,44	22,19	-0,24		
SMS 5/553	3/4	Mitte	535	4408884,31	5778124,24	-341,16	40,92	1,99	39,90	2,12	40,44		40,80		40,43																						
<b>Mittelwert Mitte</b>																																					
SMS 3/574	1/2	Nord	661	4408757,23	5778171,26	-470,49	9,15	2,93	9,40	3,06	9,51	3,28	9,70	3,47	9,90	3,48	10,02	3,41	10,09	3,41	10,13	3,39	10,23	3,35	10,36	3,31	10,49	3,34	1,34	0,41	0,12	0,03	7,05	7,15	0,09		
SMS 3/574	1/2	Nord	651	4408758,58	5778173,58	-458,69	8,48	2,65	8,77	2,91	8,90	3,22	9,17	3,55	9,34	3,76	9,28	3,86	9,32	3,83	9,34	3,84	9,38	3,97	9,59	4,35	9,44	4,42	0,96	1,76	-0,15	0,07	5,24	5,02	-0,22		
SMS 4/574	1/2	Nord	588	4408764,53	5778186,83	-395,11	10,03	0,94	10,02	0,95	10,01	0,96	10,16	0,99	10,20	0,94	10,55	0,92	10,03	0,86	9,75	0,83	9,60	0,81	9,58	0,79	9,43	0,73	-0,60	-0,21	-0,15	-0,06	8,80	8,71	-0,09		
SMS 4/574	1/2	Nord	577	4408765,77	5778188,95	-384,29	9,26	2,13	9,22	2,03	9,22	2,14	9,09	2,13	8,86	2,07	8,63	2,25	8,60	1,90	8,64	1,95	8,67	2,01	8,65	1,87	8,52	1,72	-0,75	-0,41	-0,13	-0,15	6,78	6,80	0,01		
SMS 5/574	2/3	Nord	577	4408817,99	5778156,91	-382,29	5,70	0,28	5,84	0,36	5,93	0,41	6,03	0,49	6,17	0,58	6,24	0,64	6,33	0,74	6,47	0,83	6,51	0,94	6,96	0,95	6,34	1,05	0,64	0,77	-0,62	0,10	6,01	5,29	-0,72		
SMS 1/679	3/4	Nord	676	4408878,80	5778111,12	-483,55	6,72	0,77	8,03	0,90	8,87	1,46	10,00	1,81	11,34	1,48	11,96	1,33	12,99	1,11	13,78	0,74	14,18	2,06	14,89		15,04		8,32		0,15						
SMS 1/658	3/4	Nord	658	4408883,08	5778109,11	-464,11	5,38	1,26	5,85	1,44	6,15	1,50	6,53	1,48	6,80	1,32	6,79	1,41	7,48	1,75	7,37	2,27	7,36	2,62	7,49	2,90	7,43	3,18	2,05	1,92	-0,06	0,28	4,59	4,25	-0,34		
<b>Mittelwert Nord</b>																																					
<b>Mittelwert Westflügel</b>																																					
<b>Hauptpfeiler</b>																																					
SMS 2/595	4/5	Süd	619	4408943,26	5778057,05	-417,04	12,05	4,08	13,52	4,34	14,29	4,47	15,16	4,58	15,98	4,70	16,64	4,80	17,19	4,88	17,70	4,98	18,11	5,07	18,46	5,16	18,66	5,23	6,61	1,15	0,20	0,07	13,30	13,43	0,13		
SMS 1/553	4/5	Süd	577	4408945,71	5778070,59	-384,68	13,83	3,65	14,50	0,93	13,70		13,00		14,00		13,80		14,00		13,90		14,40														
SMS 1/553	4/5	Süd	566	4408943,46	5778075,67	-373,95	16,02	0,25	15,55		14,92		14,51		14,84		15,24		16,41		19,10		19,97														
SMS 6/490	4/5	Süd	553	4408936,05	5778071,96	-356,31	7,76	1,50	8,66	2,84	7,89	1,37	7,93	0,97	8,10	0,75	8,28	0,65	8,53	1,16	8,59	1,34	8,61	1,21	8,58	0,46	8,52	0,98	0,76	-0,52	-0,06	0,52	8,13	7,54	-0,58		
<b>Mittelwert Süd</b>																																					
SMS 2/595	4/5	Mitte	609	4408951,43	5778080,53	-403,52	30,87	4,21	32,70	4,25	33,78	4,17	34,53	4,01	34,62	3,84	34,59	3,70	34,66	3,69	32,92	3,71	33,50	3,68	33,65	3,63	33,45	3,58	2,58	-0,63	-0,21	-0,06	30,02	29,87	-0,15		
SMS 2/553	4/5	Mitte	577	4408947,24	5778083,22	-384,09	27,96	9,17	21,18	9,36	43,26	8,96																									
<b>Mittelwert Mitte</b>																																					
SMS 2/595	4/5	Nord	599	4408958,55	5778101,03	-391,73	8,61	0,08	10,51	0,24	11,73	0,32	12,77	1,01	12,88	0,74	13,24	0,43	13,30	0,35	13,32	1,27	13,52	1,72	13,95	2,01	13,02	1,32	4,41	1,24	-0,94	-0,69	11,94	11,70	-0,24		
SMS 3/553	4/5	Nord	577	4408955,14	5778100,28	-383,14	6,76	0,96	6,69	1,43	6,87	2,00	6,85	2,24	7,00	2,70	8,90	3,94	12,34	3,90	11,10	3,75	10,24	3,60	8,32	3,12	6,47	2,00	-0,29	1,04	-1,86	-1,12	5,20	4,47	-0,74		
SMS 3/553	4/5	Nord	566	4408956,85	5778104,35	-371,98	7,09	0,08	7,52	0,09	7,62	0,10	8,25	1,30	8,22	1,39	9,24	1,48	9,55	0,90	9,67	1,69	9,74	2,37	9,80	0,14	9,55	2,00	2,45	1,92	-0,25	1,87	9,66	7,54	-2,12		
SMS 7/490	4/5	Nord	553	4408951,76	5778117,98	-374,07	5,64	0,98	6,02		6,33		7,31		6,82																						
SMS 10/490	4/5	Nord	550	4408950,84	5778117,59	-356,09																															
<b>Mittelwert Nord</b>																																					
<b>Mittelwert Hauptpfeiler</b>																																					

Legende:

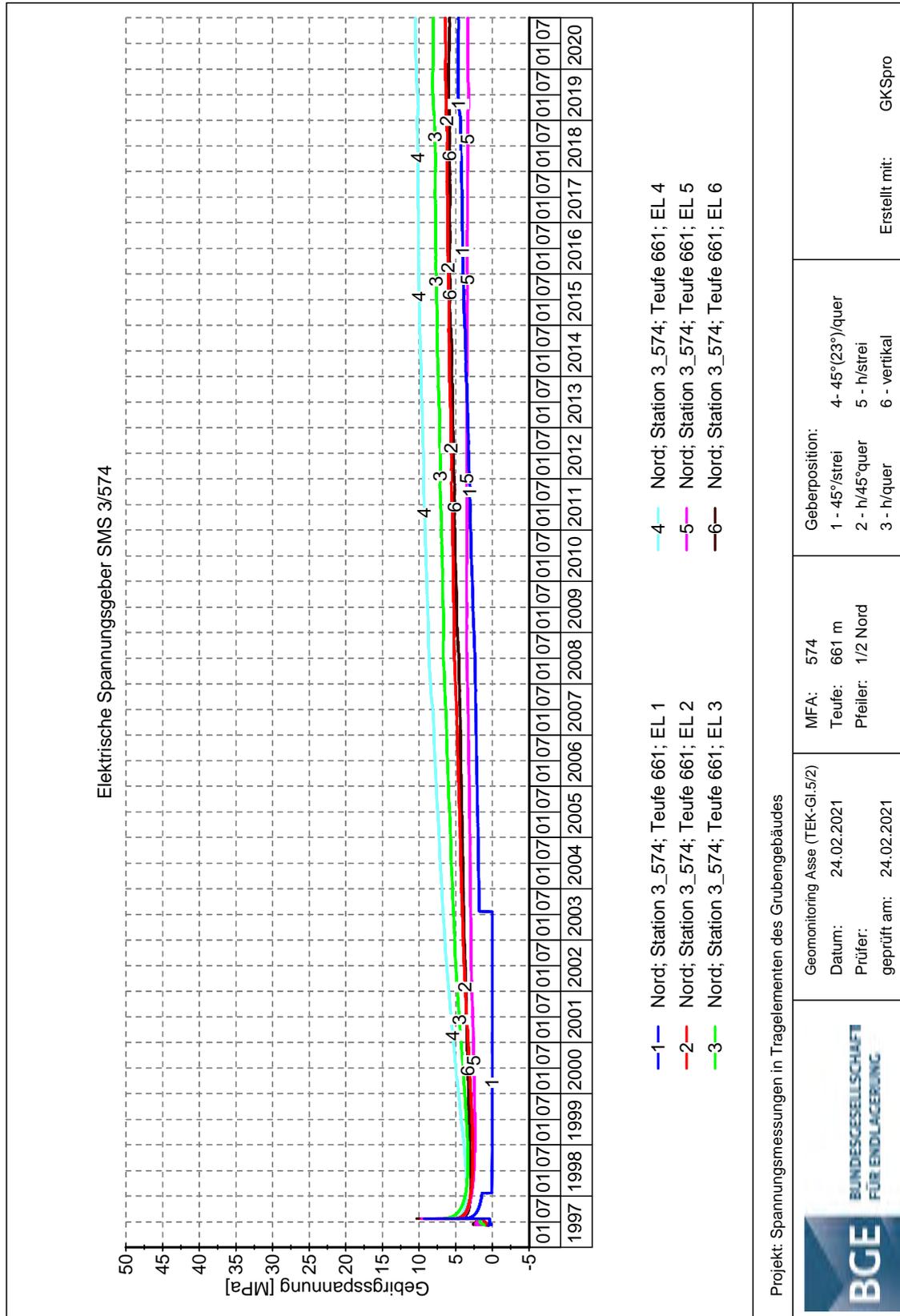
45° E-W (in Streichrichtung)	45° quer zum Streichen (S-N)	quer zum Streichen (S-N)	45° gegen die Vertikale	in Streichrichtung (E-W)	vertikal
------------------------------	------------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	----------

Bohrung	Lage der SMS			Koordinaten			01.11.2010		01.11.2011		01.11.2012		01.11.2013		01.11.2014		01.11.2015		01.11.2016		01.11.2017		01.11.2018		15.11.2019		31.12.2020		Beobachtungszeitraum (Differenz 2020–2010)		Berichtszeitraum (Differenz 2020–2019)		Spannungsdifferenzen ( $\sigma_{max}-\sigma_{min}$ )		Veränderung der Spannungsdifferenzen $\Delta\sigma_{2020} - \Delta\sigma_{2019}$		
	Pfeiler	Lage	Teufe	Rechtswert	Hochwert	Höhe	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\Delta\sigma_{2019}$	$\Delta\sigma_{2020}$																							
<b>Ostflügel</b>																																					
SMS 1/616	5/6	Süd	666	4408990,04	5778010,37	-467,89	10,49	5,15	10,38	5,13	10,07	4,54	10,22	4,54	10,01	4,43	10,25	4,38	10,61	4,50	11,01	4,62	11,47	4,79	12,04	5,05	12,33	4,99	1,84	-0,16	0,29	-0,07	6,98	7,34	0,36		
SMS 1/595	7/8	Süd	651	4409130,23	5777967,91	-457,84	8,52	2,84	8,67	2,74	8,08	2,32	8,26	2,38	8,10		8,27		8,40		8,48		8,55														
SMS 1/490	7/8	Süd	588	4409140,70	5777992,40	-394,29	11,71	2,31	11,37	2,14	10,72	1,58	10,32	1,42	10,13		10,22		10,30		10,45		10,51		10,67		10,80										
SMS 1/490	7/8	Süd	577	4409141,53	5777995,34	-382,79	11,31	0,46	11,06	0,41	10,89	0,51	10,90	0,47	10,76	0,43		0,99		0,56																	
SMS 1/490	7/8	Süd	566	4409142,32	5777998,15	-371,77	9,26	2,65	9,33	2,65	9,47	2,96	9,60	3,24	9,66	3,36	9,82	3,50	10,21	3,77	10,48	3,84	10,58	4,01	10,70	3,97	10,89	3,95									
SMS 4/490	8/9	Süd	525	4409216,29	5777981,63	-330,57	3,14	0,67	3,23	0,76	3,11	0,58	2,99	0,74	2,97	0,39	2,90	0,37	3,08	0,63	2,94	0,58	2,95	0,44	2,89	0,48	2,85	0,76									
<b>Mittelwert Süd</b>																																					
SMS 1/616	5/6	Mitte	654	4408994,97	5778022,19	-456,72	22,12	0,66	22,80		22,22		22,37		22,20		21,57		21,70		21,50		21,50		21,52		21,51										
SMS 9/490	5/6	Mitte	555	4409010,83	5778058,98	-361,67											12,14	1,32	13,95	2,00	14,50	2,14	14,65	2,20	14,66	2,21	14,70	2,25									
SMS 9/490	5/6	Mitte	534	4409011,98	5778062,73	-340,66											13,52	0,02	14,95	0,21	13,90	0,17	13,55	0,18	13,07	0,16	12,67	0,09									
SMS 9/490	5/6	Mitte	513	4409011,98	5778062,73	-319,75											12,74	0,32	15,38	0,40	15,93	0,33	16,14	0,32	16,14	0,10	15,96	0,02									
SMS 5/490	5/6	Mitte	556	4409012,94	5778066,28	-362,70	43,60	8,52	46,13	14,95	46,29	24,75	46,86	25,55																							
SMS 5/490	5/6	Mitte	535	4409012,94	5778066,28	-341,70																															
SMS 5/490	5/6	Mitte	514	4409012,94	5778066,28	-320,70	47,09	16,12	48,16	15,31	49,47	20,40	48,59	33,12	46,77	38,78																					
SMS 4/490	8/9	Mitte	514	4409220,88	5777998,22	-320,38	26,67	4,06	25,96	3,67	25,64	3,24	25,42	3,23	25,47	3,06	25,22	2,95	24,88	3,08	23,96	2,88	23,04	2,88	21,49	3,22	20,39	3,70									
<b>Mittelwert Mitte</b>																																					
SMS 1/616	5/6	Nord	640	4408999,61	5778033,33	-446,20	14,56	3,02	14,13	2,93	14,07	2,66	14,12	2,46	14,18	2,50	14,30	2,40	14,39	2,40	14,42	2,50	14,49	2,50	14,46	2,76	14,52	2,70									
SMS 2/616	6/7	Nord	599	4409078,95	5778036,47	-404,55	11,44	2,81	11,79	2,78	12,20	2,74	12,03	2,60	12,07	2,42	12,10	2,37	11,91	2,22	12,10	2,21	10,75	1,95	11,69	1,77	12,54	1,99									
SMS 1/595	7/8	Nord	619	4409143,87	5777999,24	-425,57	9,34	1,37	9,35	1,50	9,75	1,48	10,04	1,50	10,66	2,06	11,07	2,12	11,28	2,09	11,43	2,03	11,95	1,91	11,95	2,17	12,11	2,20									
SMS 2/490	7/8	Nord	588	4409149,78	5778023,39	-394,30	7,07	0,86	7,43		7,52		7,80		7,89		8,16		8,32		8,38		8,42		7,91		7,94										
SMS 2/490	7/8	Nord	577	4409150,61	5778026,32	-382,80	4,25	1,85	4,60	2,52	4,66	2,58	4,81	2,73	4,94	2,80	5,11	2,93	5,36	3,20	5,49	3,26	5,64	3,34	5,72	3,43	5,82	3,47									
SMS 2/490	7/8	Nord	566	4409151,19	5778028,37	-374,77	7,33	0,69	7,83	0,54	8,17	0,55	8,48	0,64	8,79	0,70	9,15	0,80	9,77	1,00	10,12	1,06	10,53	1,11	10,80	1,19	11,18	1,25									
SMS 4/490	8/9	Nord	493	4409230,30	5778032,22	-299,50	8,20	1,77	8,71	1,86	9,09	1,91	8,81	2,00	8,79	1,78	9,17	1,74	9,06	1,95	9,11	1,92	9,27	2,00	8,76	1,83	8,47	1,88									
<b>Mittelwert Nord</b>																																					
<b>Mittelwert Ostflügel</b>																																					
<b>Östlicher Baufeldrand</b>																																					
SMS 3/616		Ost	604	4409330,94	5777976,03	-414,01	11,42	0,04	11,52	0,06	11,67	0,07	11,73	0,05	11,83	0,05	11,80	0,04	12,09	0,02	11,90	0,01	11,75		11,69		11,65										
SMS 3/490		Ost	514	4409316,70	5777976,84	-321,05	9,04	3,66	9,19	3,88	9,58	3,80	9,75	3,93	10,06	3,90	10,17	3,89	11,33	4,57	11,33	4,27	11,18	4,07	11,02	3,92	10,92	3,72									
<b>Mittelwert</b>																																					
<b>Mittelwert Östlicher Baufeldrand</b>																																					
<b>im Liegenden</b>																																					
SMS 4/553	3/4	Kern	539	4408896,53	5778210,36	-345,35	6,29	0,19	6,50	0,50	6,60	0,05	6,47		6,50		6,50		6,60		6,75		6,88		6,96		6,94										
SMS 6/553	4/5	Kern	577	4408969,34	5778139,99	-383,91	8,55	5,22	8,70	5,30	8,77	5,45	8,70	5,53	8,83	5,70	8,94	5,80	9,00	5,90	9,08	6,00	9,20	6,13	9,52	6,32	9,48	6,34									
<b>Mittelwert</b>																																					
<b>Mittelwert im Liegenden</b>																																					

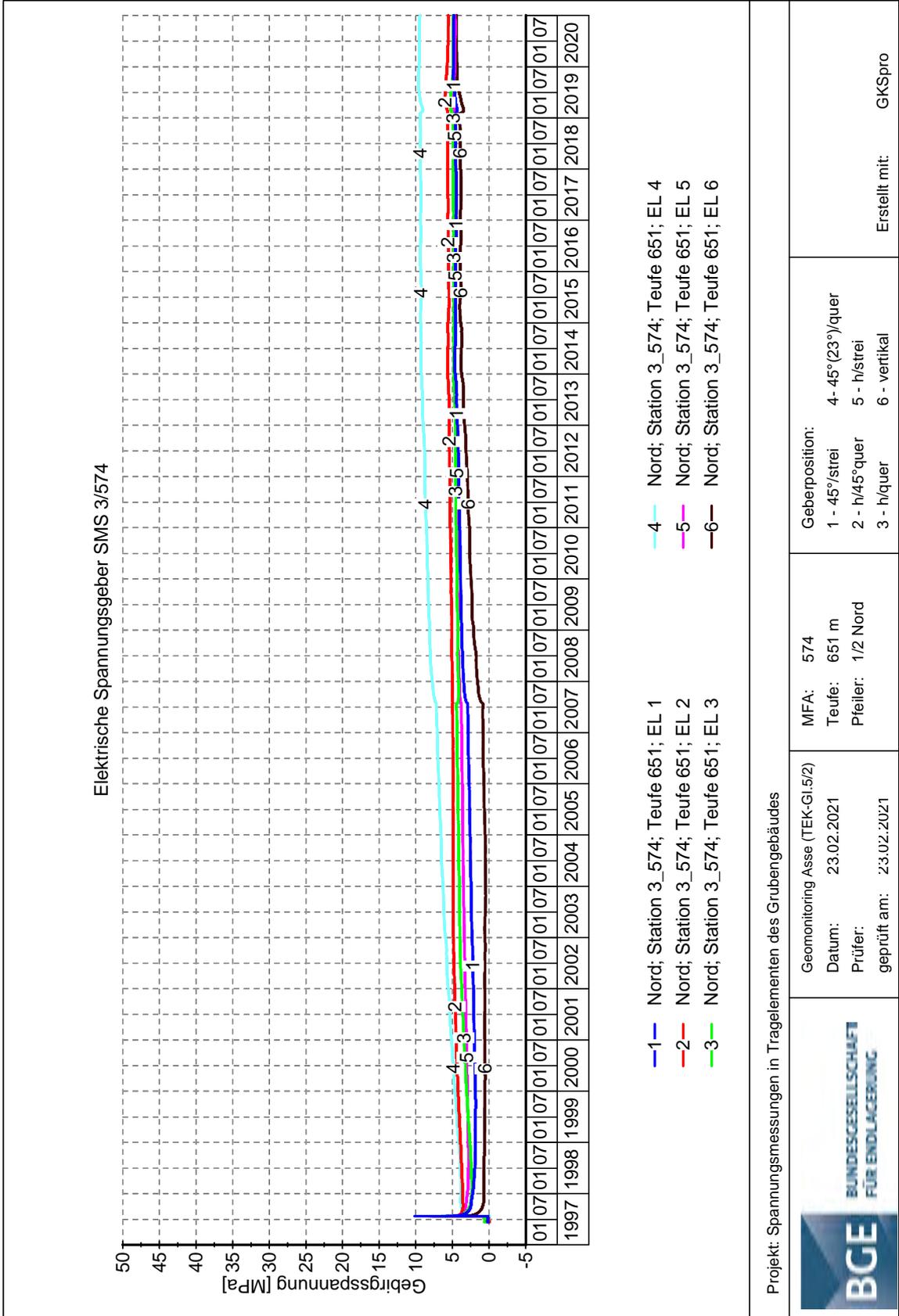
Legende:

45° E-W (in Streichrichtung)	45°/quer zum Streichen (S-N)	quer zum Streichen (S-N)	45° gegen die Vertikale	in Streichrichtung (E-W)	vertikal
------------------------------	------------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	----------

**Anhang 2.6: Ausgewählte Zeitreihen der Messwertdarstellungen**  
**Messwertdarstellung SMS 3/574, Pfeiler 1/2-Nord, 661 m Teufe**

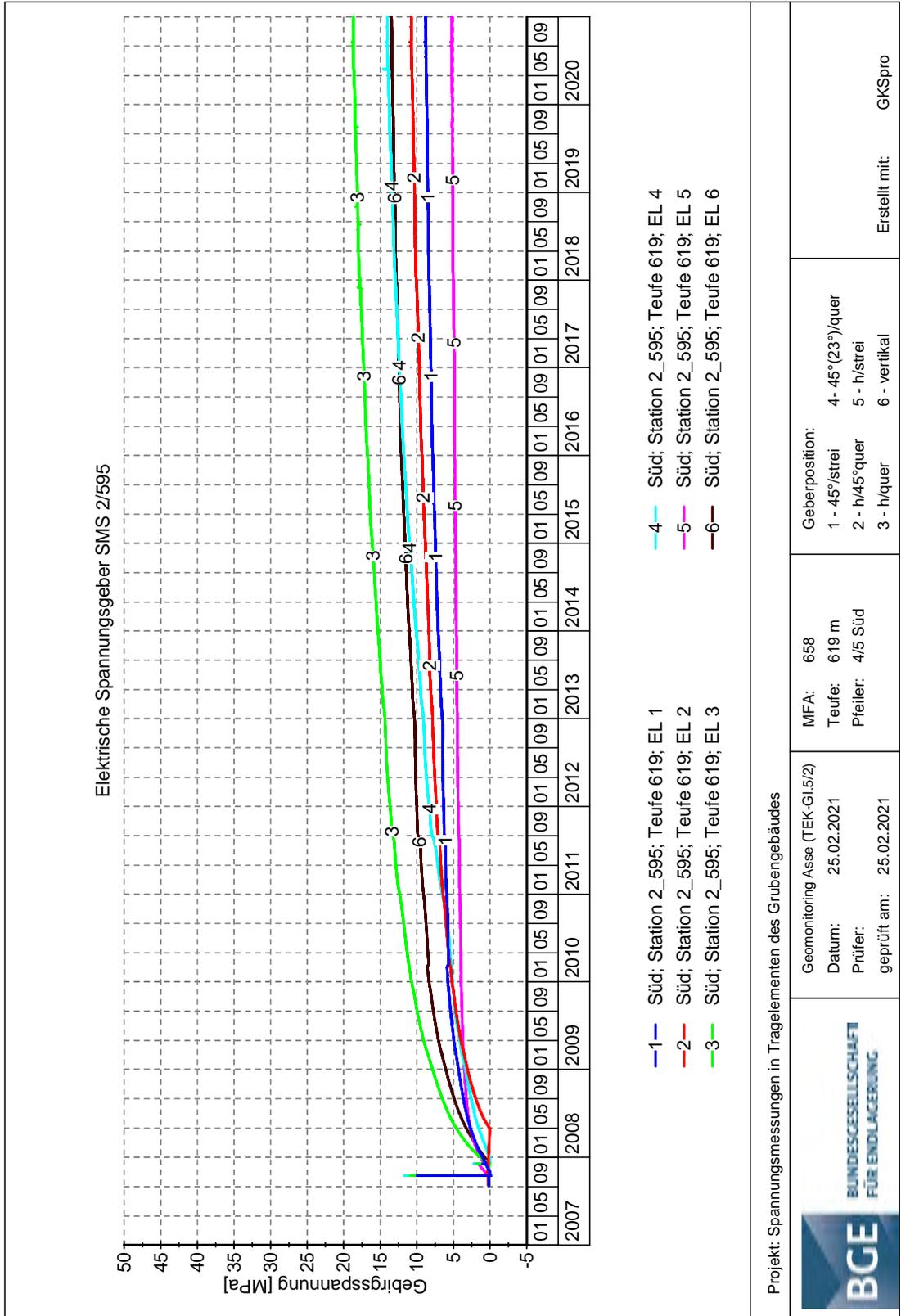


### Messwertdarstellung SMS 3/574, Pfeiler 1/2-Nord, 651 m Teufe

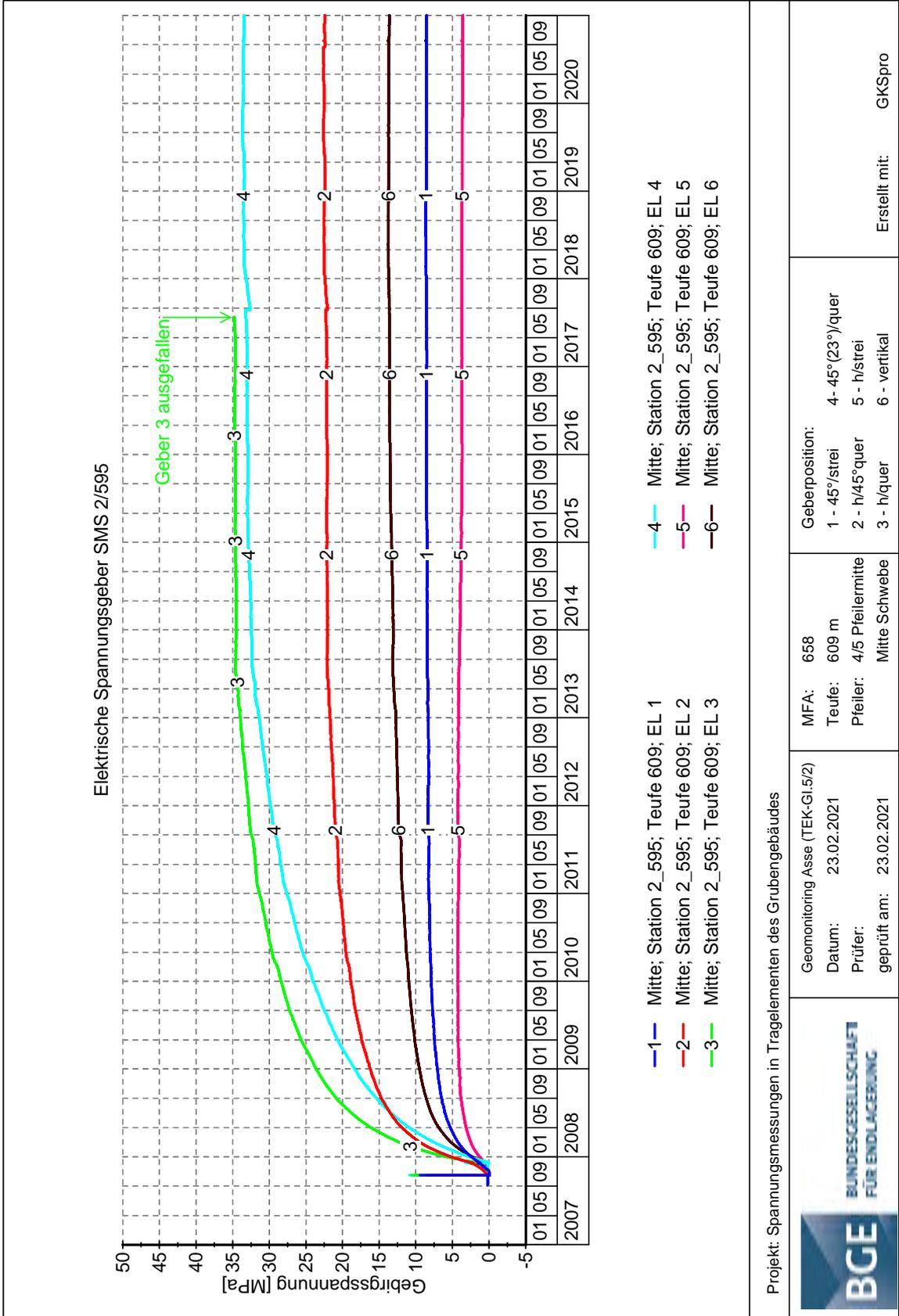




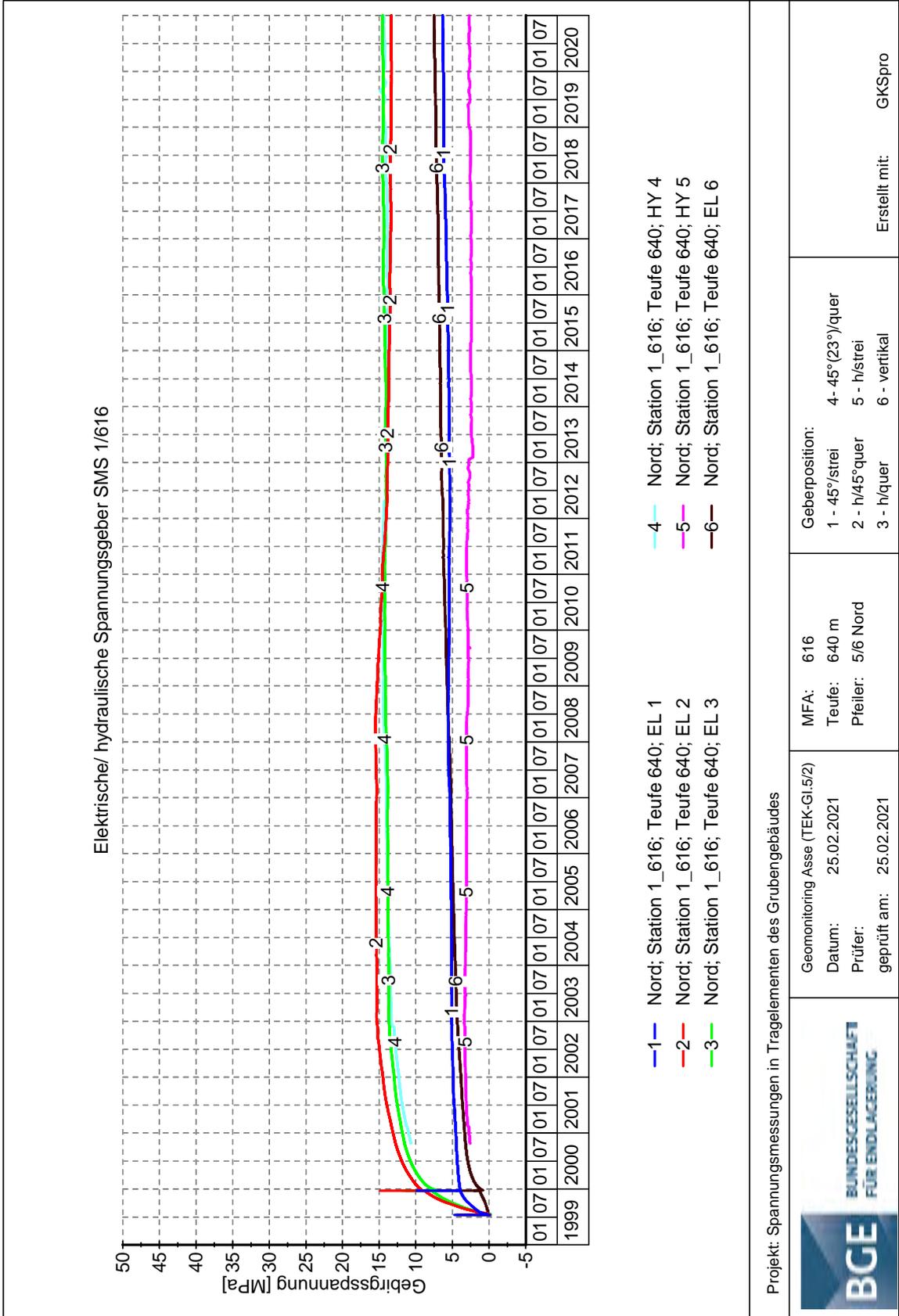
### Messwertdarstellung SMS 2/595, Pfeiler 4/5-Süd, 619 m Teufe



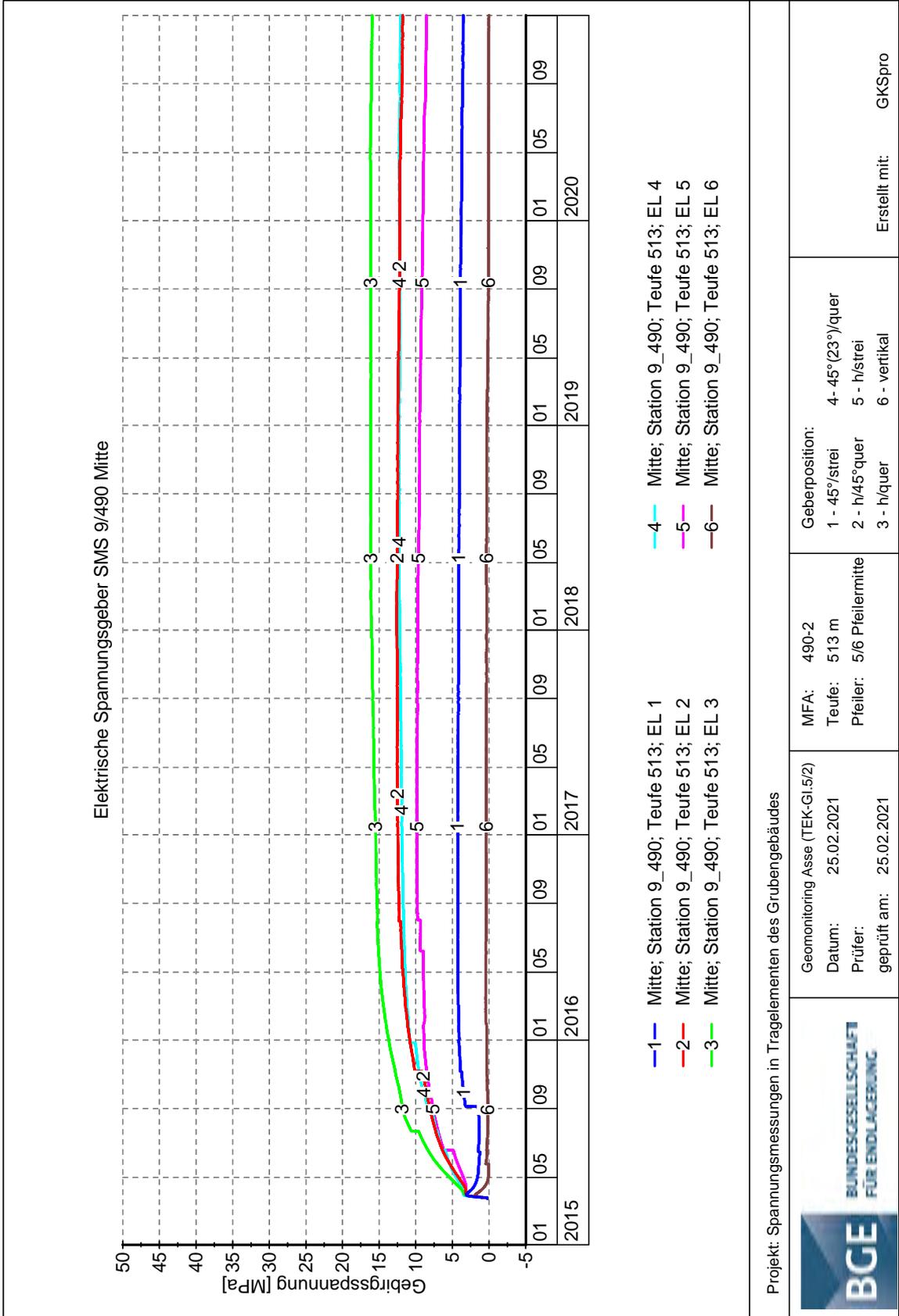
### Messwertdarstellung SMS 2/595, Pfeiler 4/5-Mitte, 609 m Teufe



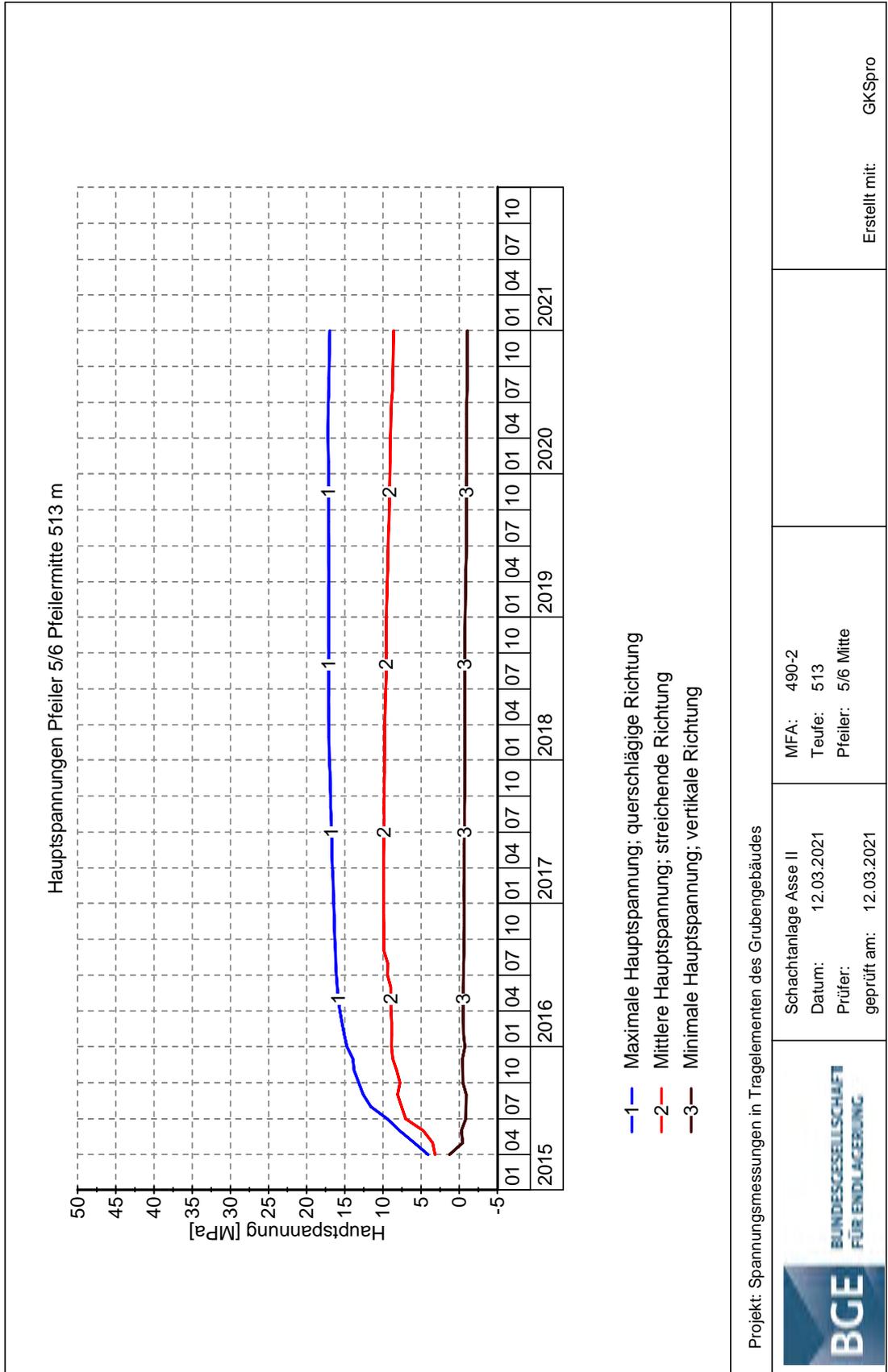
### Messwertdarstellung SMS 1/616, Pfeiler 5/6-Nord, 640 m Teufe



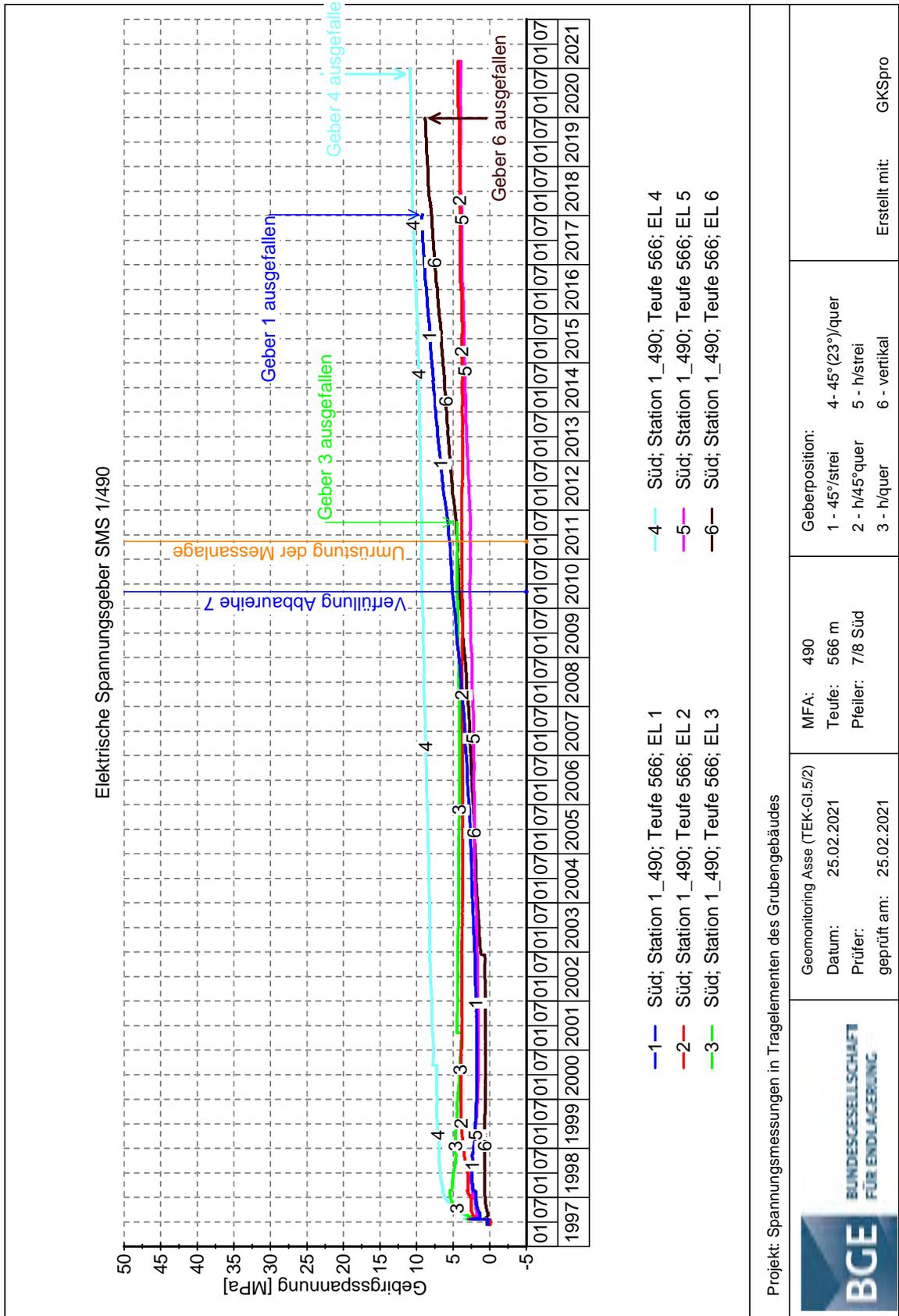
### Messwertdarstellung SMS 9/490, Pfeiler 5/6-Mitte, 513 m Teufe



### Hauptspannungen SMS 9/490, Pfeiler 5/6-Mitte, 513 m Teufe

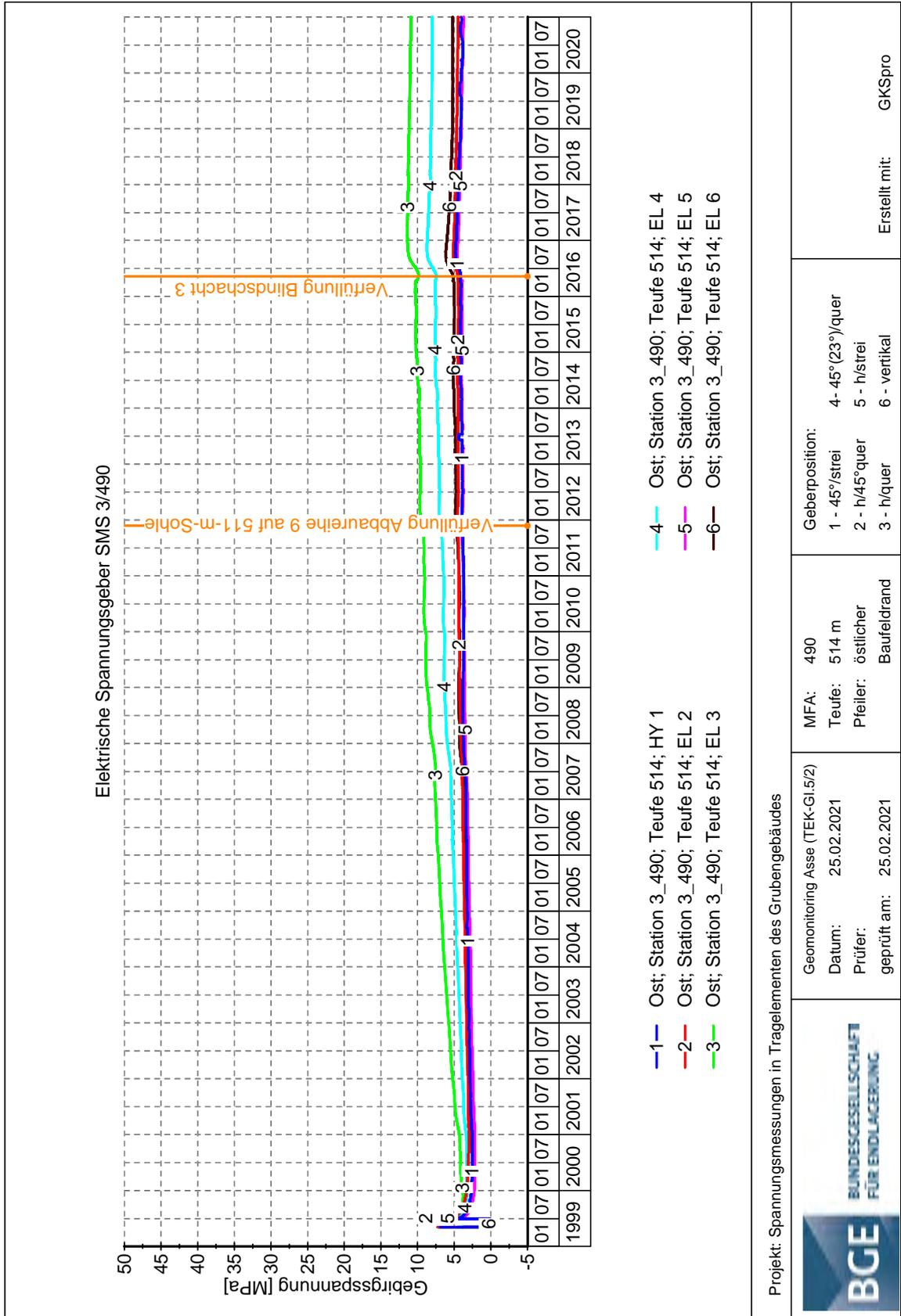


### Messwertdarstellung SMS 1/490, Pfeiler 7/8-Süd, 566 m Teufe





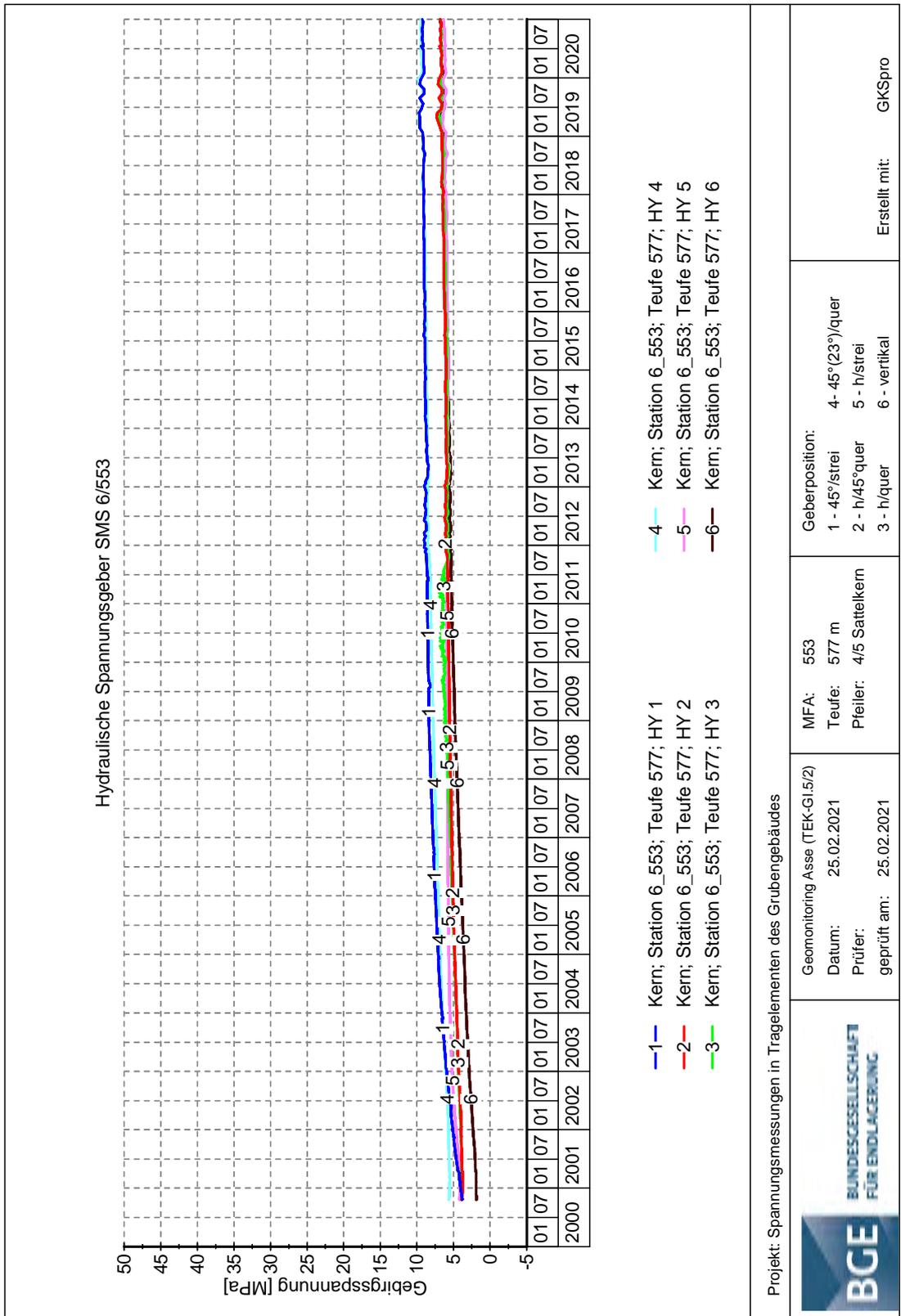
### Messwertdarstellung SMS 3/490, östl. Baufeldrand, 514 m Teufe



Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 223

### Messwertdarstellung SMS 6/553, im Liegenden des Pfeilers 4/5, 577 m Teufe

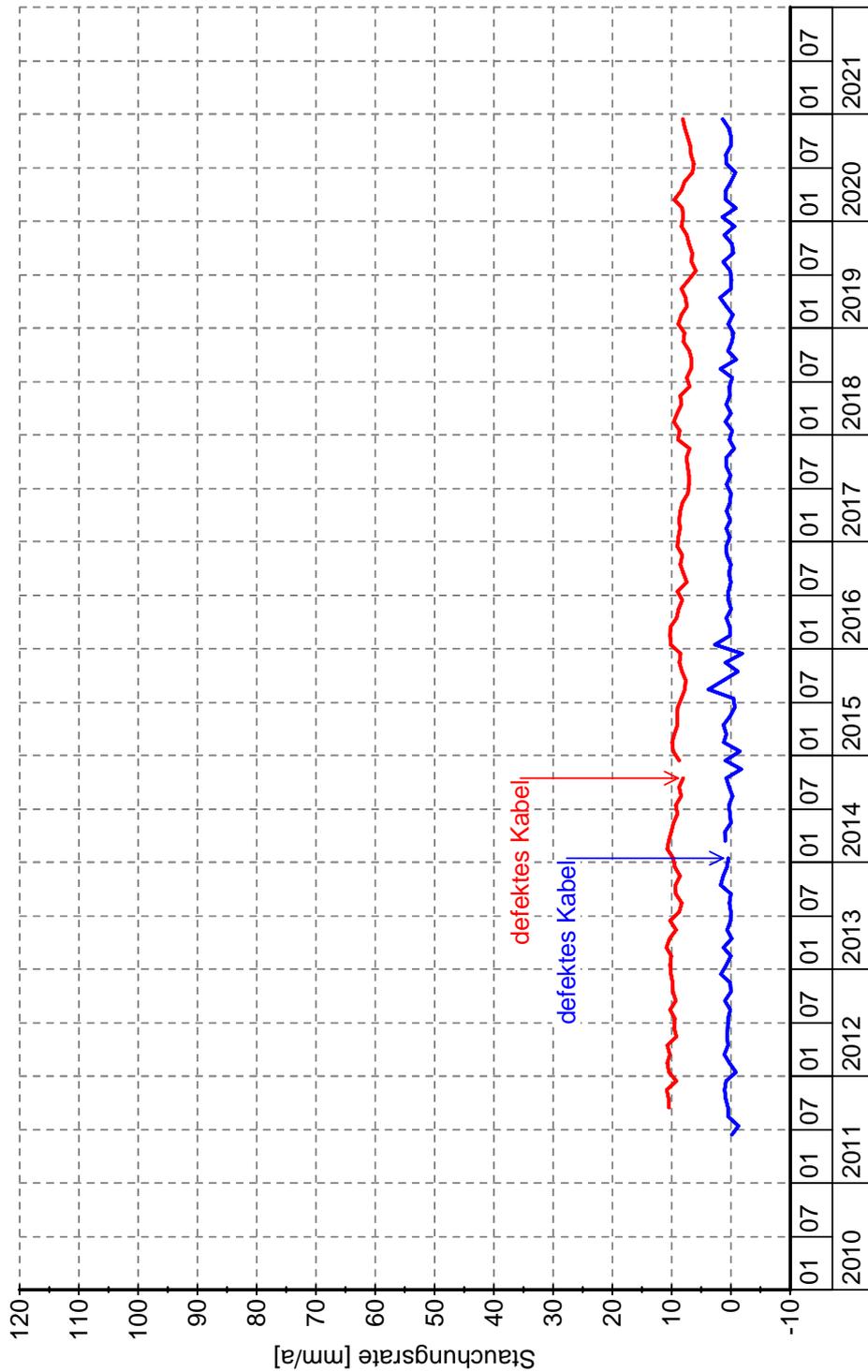


### Anhang 3: Verformungsmessungen

#### Anhang 3.1: Extensometermessungen

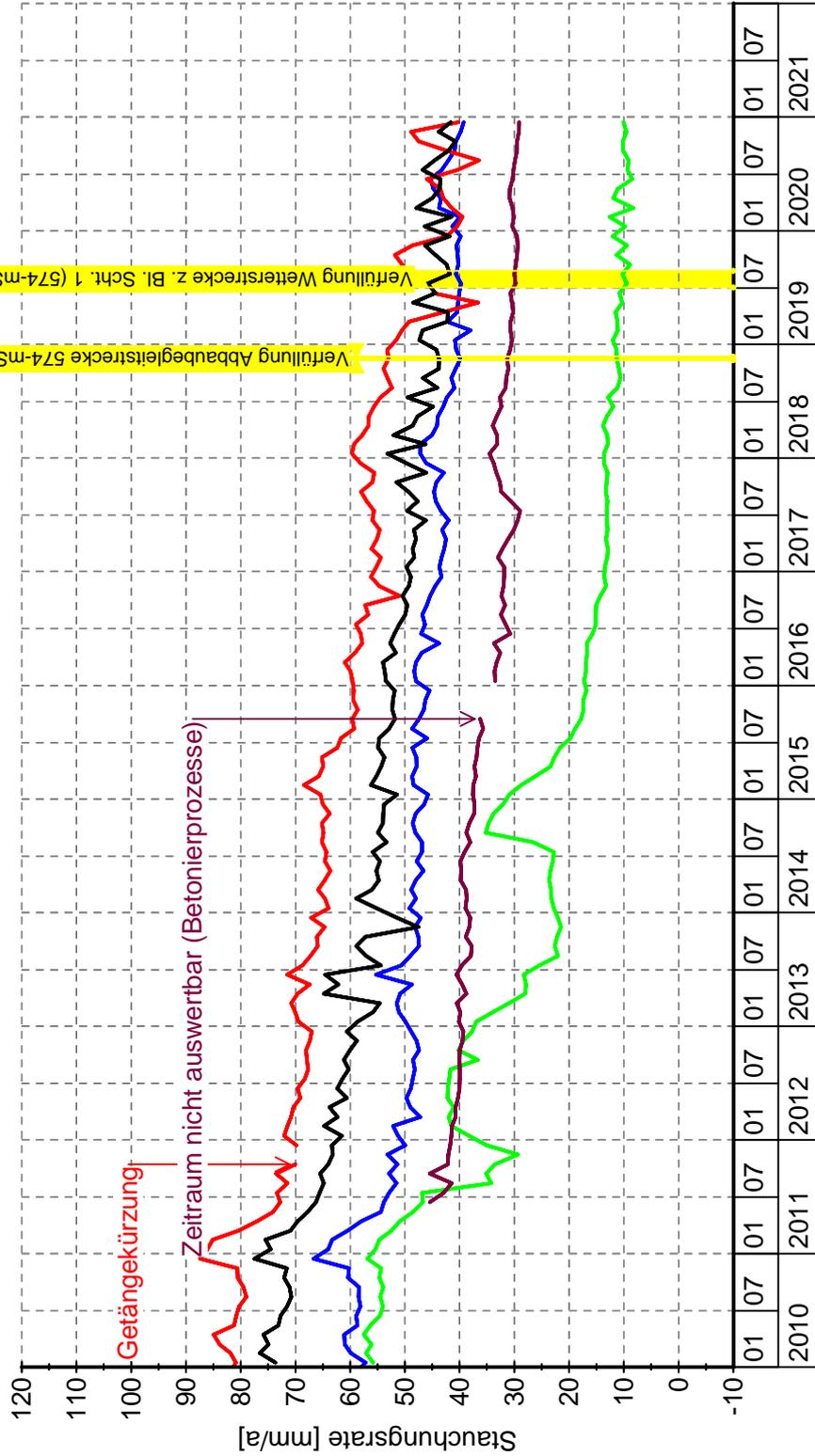
#### Pfeilerstauchungsraten nach Pfeilerreihen

Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 1/2



\* Einbautiefe in Bohrung

Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 2/3



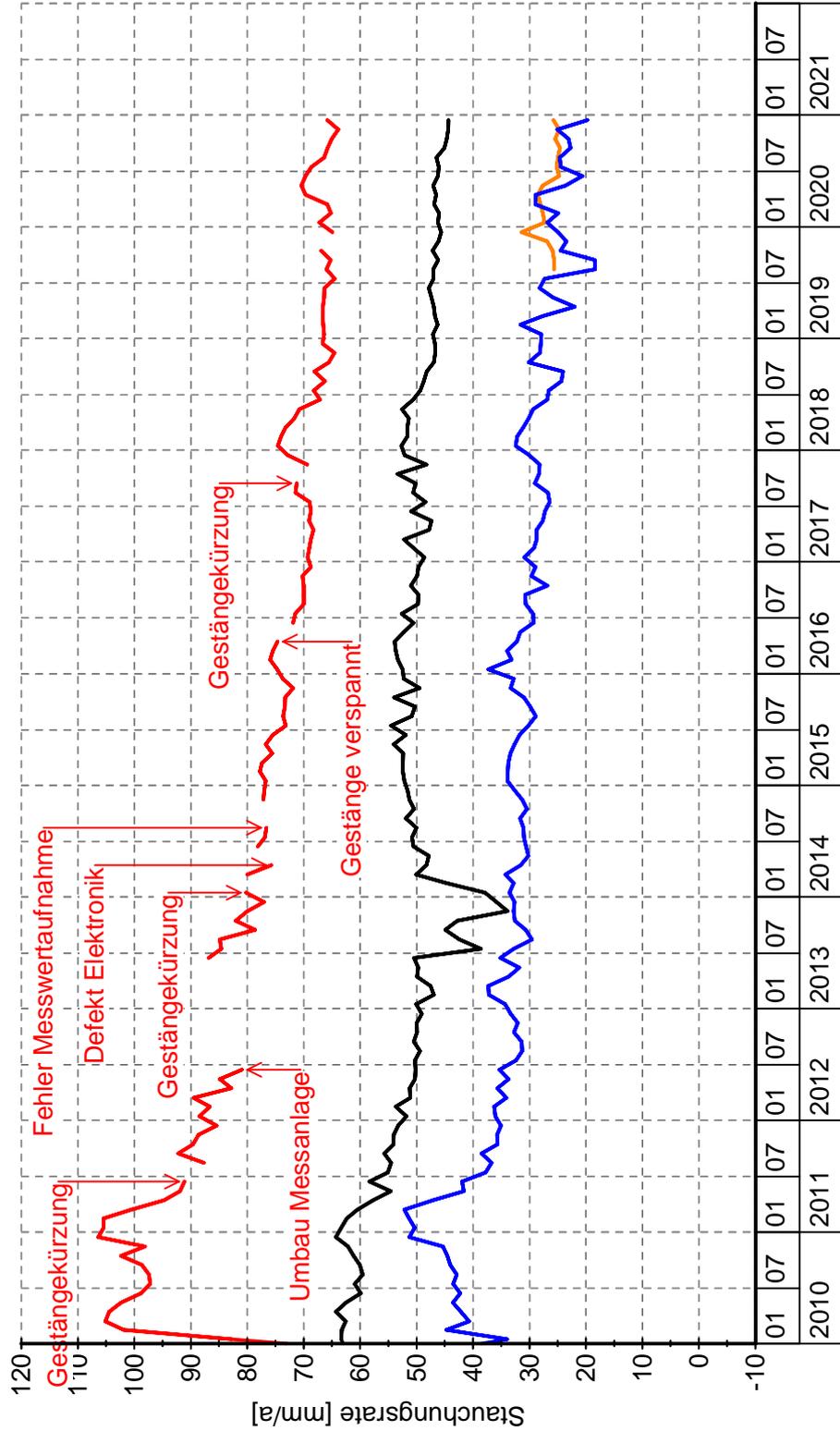
Symbol	Messtelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\503	532-m-Sohle	2/3	532013	5	58,8 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\506	574-m-Sohle	2/3	574003	5	53,6 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\511	637-m-Sohle	2/3	637004	4	27,6 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\515	658-m-Sohle	2/3	658005	5	39,2 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\520	700-m-Sohle	2/3 (4/5)	700002	4	34,6 m	15.03.2011 - 31.12.2020

\* Einbautiefe in Bohrung

Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00



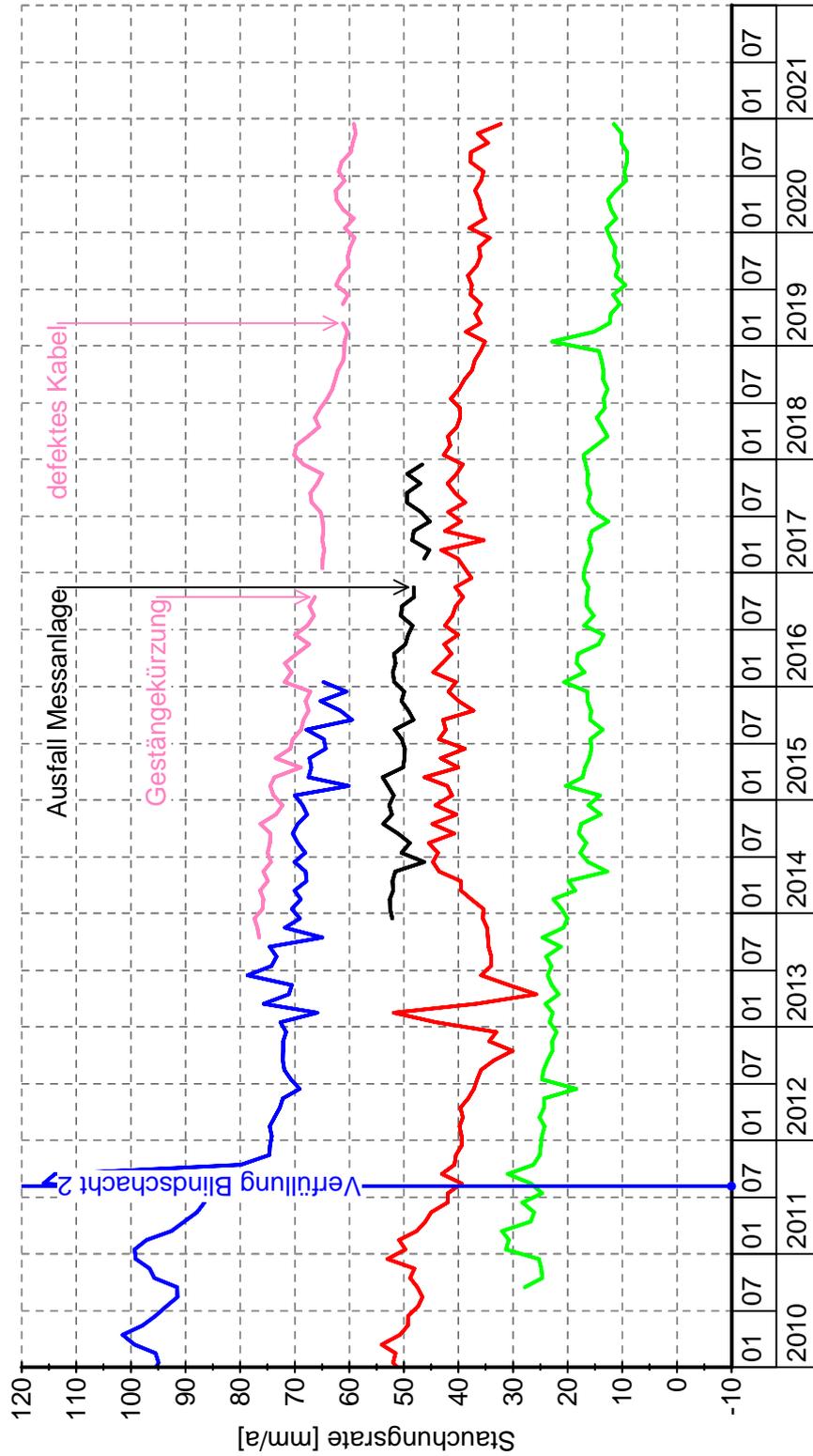
Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 3/4



Symbol	Messstelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\514	679-m-Sohle	3/4	679005	2	38,0 m	15.07.2019 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\501	511-m-Sohle	3/4	511001	5	62,6 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\504	553-m-Sohle	3/4	553009	5	58,9 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\512	637-m-Sohle	3/4	637005	4	34,0 m	01.01.2010 - 31.12.2020

\* Einbautiefe in Bohrung

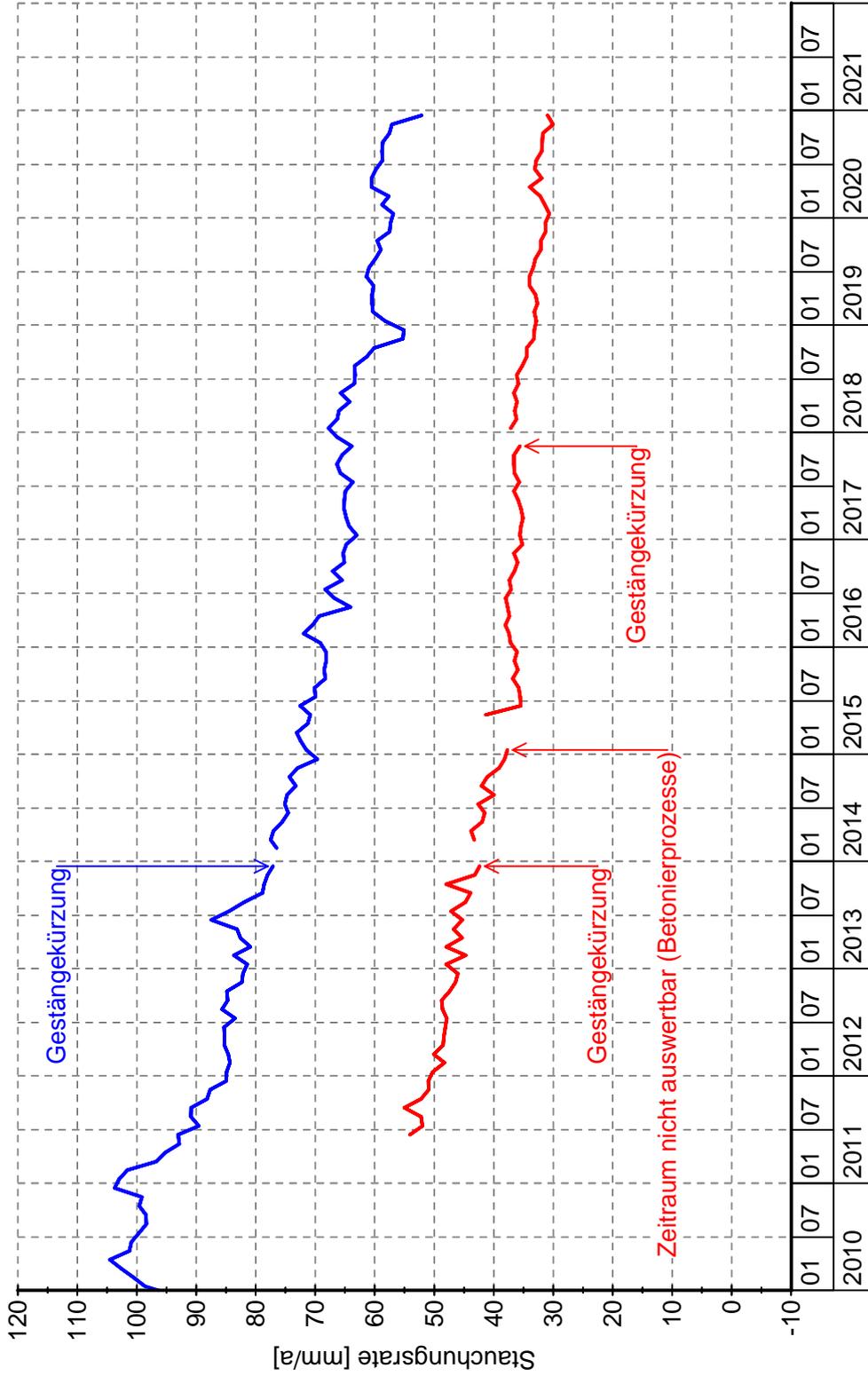
Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 4/5



Symbol	Messtelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\505	553-m-Sohle	4/5	553011	5	39,5 m	01.01.2010 - 15.09.2016
—	MFA 490-TA\516	553-m-Sohle	4/5 (Beton)	553013	6	49,3 m	15.09.2013 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\513	637-m-Sohle	4/5 (Firstniveau)	637003	5	42,0 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-2\16-18	637-m-Sohle	4/5 (Beton)	637008	3	57,7 m	15.10.2013 - 15.03.2018
—	MFA 490-TA\521	700-m-Sohle	4/5 (8/9-10)	700005	5	43,5 m	15.03.2010 - 31.12.2020

\* Einbautiefe in Bohrung

Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 5/6



Symbol	Messtelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\510	616-m-Sohle	5/6	616004	5	53,4 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\519	679-m-Sohle	5/6	679004	5	30,5 m	15.03.2011 - 31.12.2020

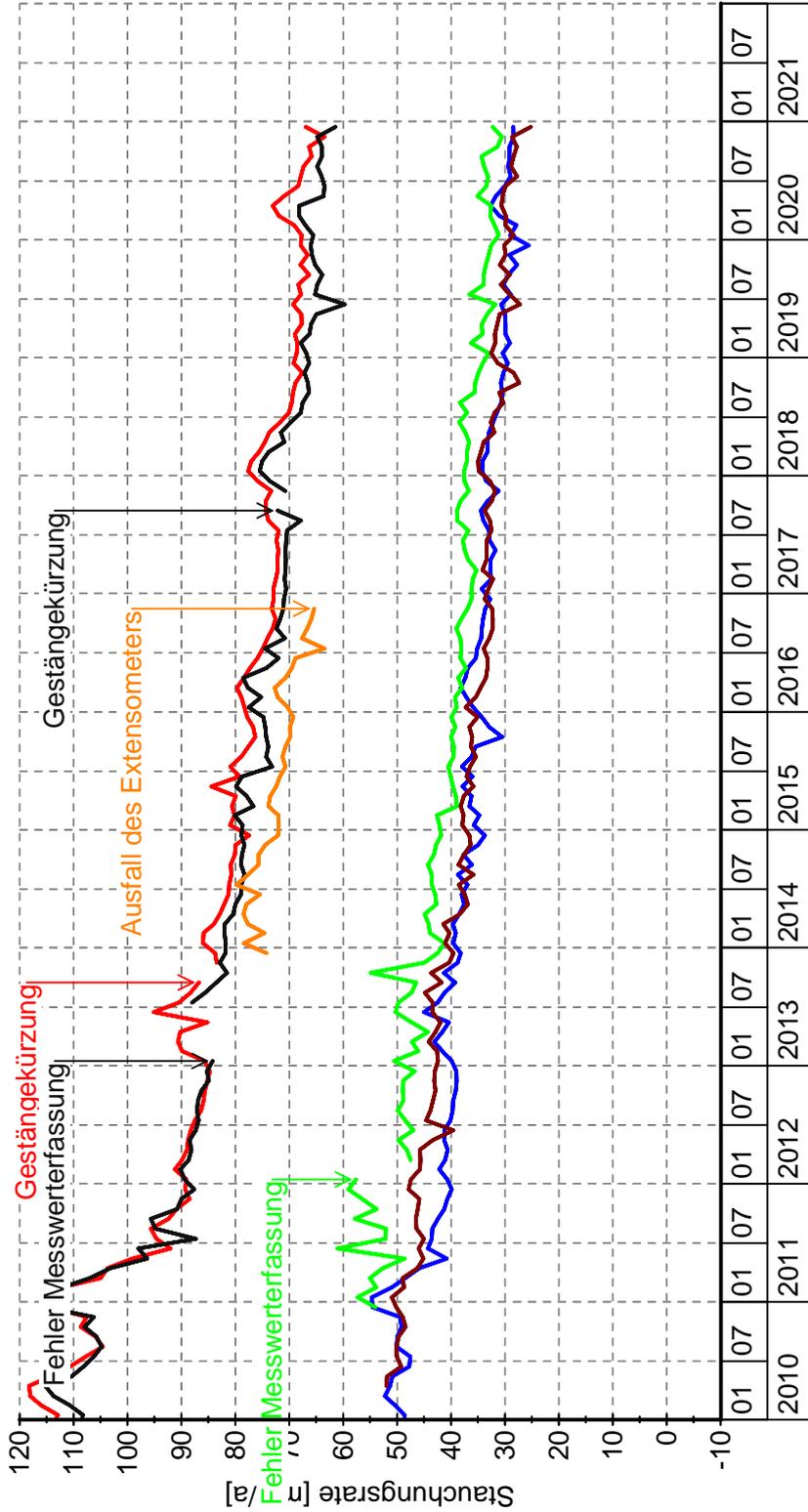
\* Einbautiefe in Bohrung

Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 229

Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsdaten in der Pfeilerreihe 6/7



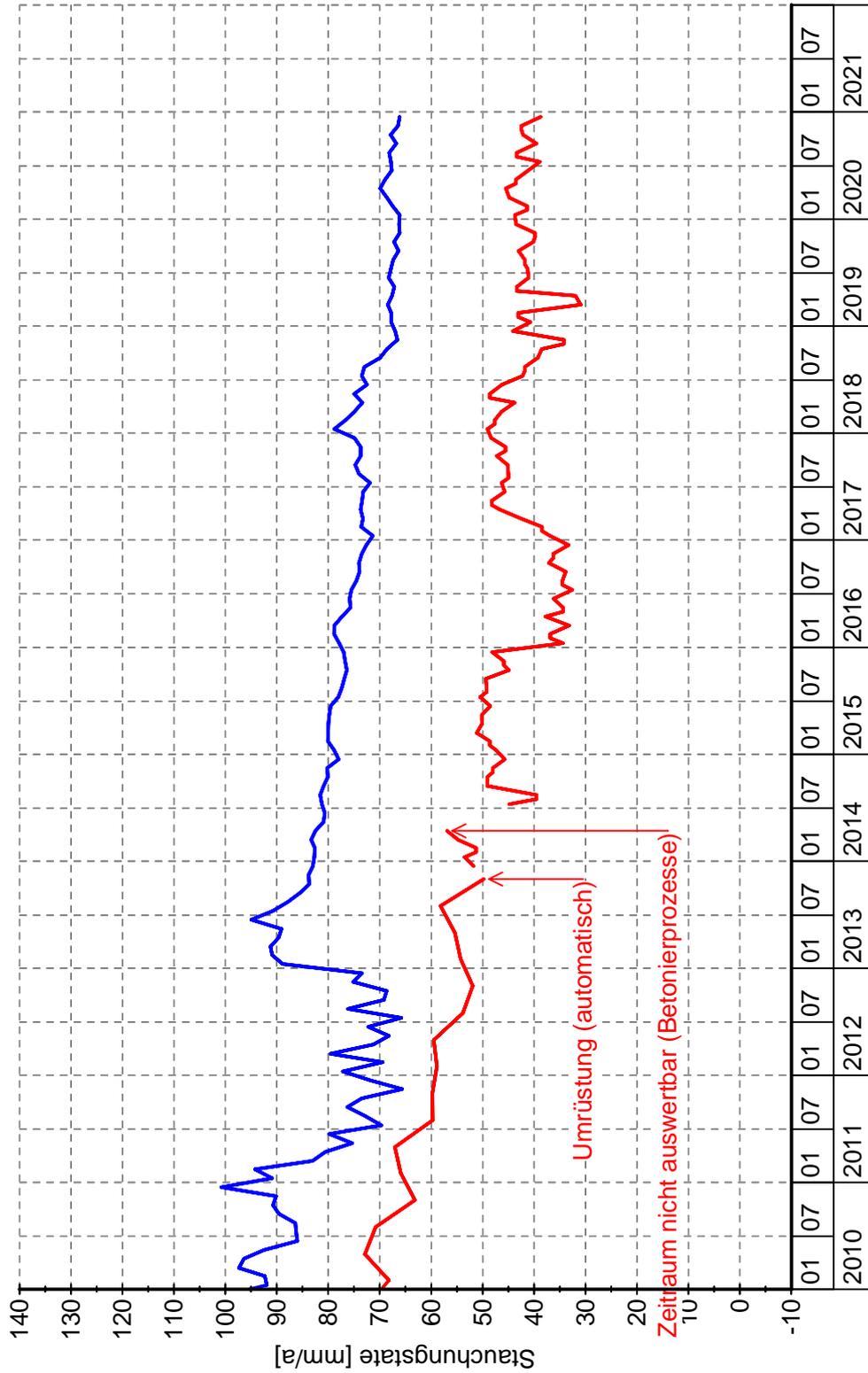
Symbol	Messtelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\502	511-m-Sohle	6/7	511002	5	45,0 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\523	532-m-Sohle	6/7	532016	5	61,4 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\507	574-m-Sohle	6/7	574004 neu	3	42,9 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\23	637-m-Sohle	6/7	637012	3	40,6 m	15.12.2013 - 15.09.2019
—	MFA 490-TA\526	700-m-Sohle	Abr6 (11/12)	700003	4	35,0 m	15.11.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\522	700-m-Sohle	6/7 (12/13)	700004	5	58,2 m	15.03.2010 - 31.12.2020

\* Einbautiefe in Bohrung

Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 230

Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 7/8



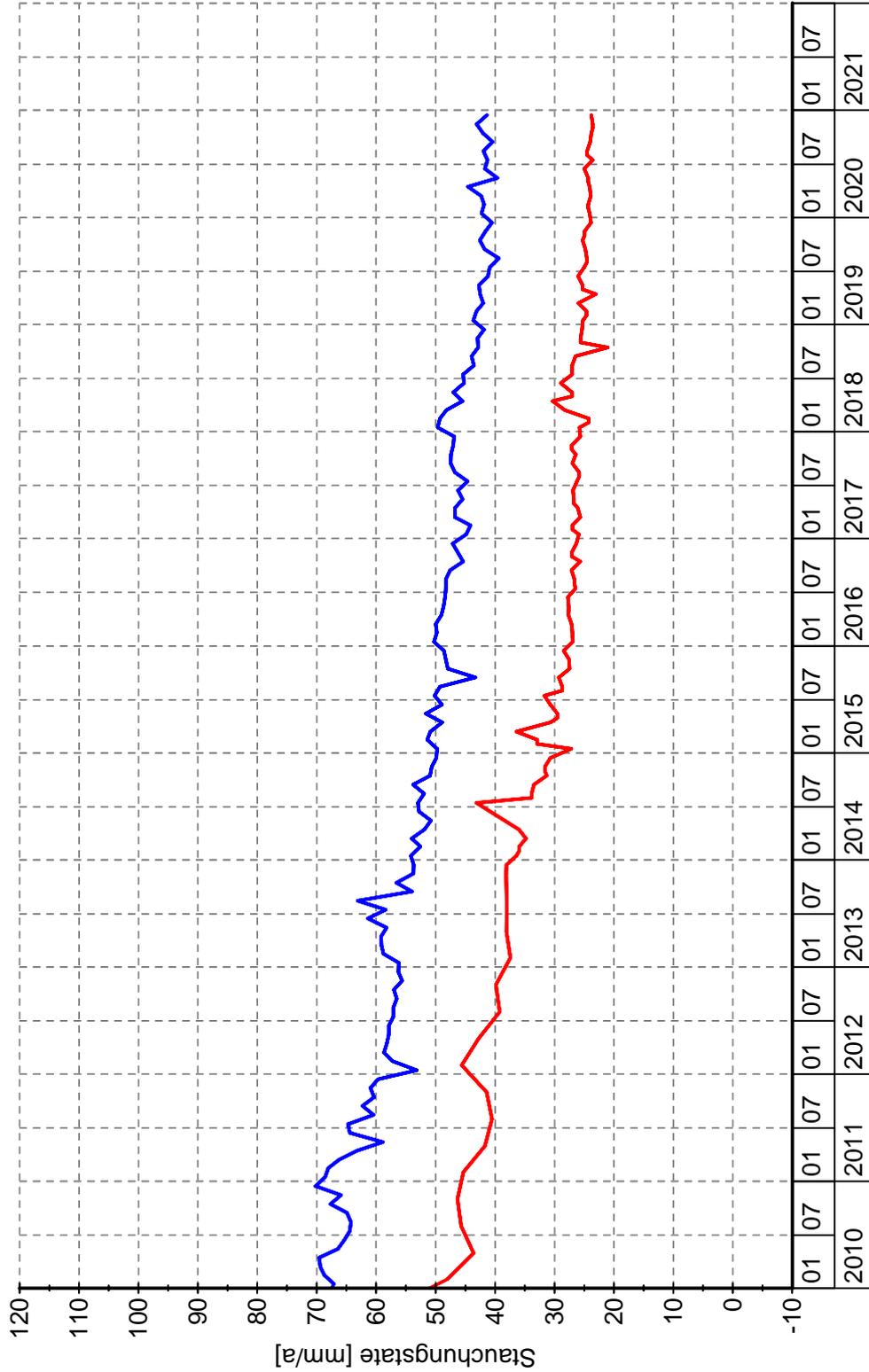
Symbol	Messtelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\508	595-m-Sohle	7/8	595005 neu	5	49,0 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\517	658-m-Sohle	7/8	658008	5	49,5 m	01.01.2010 - 31.12.2020

\* Einbautiefe in Bohrung

Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 231

Mittelwert über die monatlich berechneten  
Stauchungsraten in der Pfeilerreihe 8/9

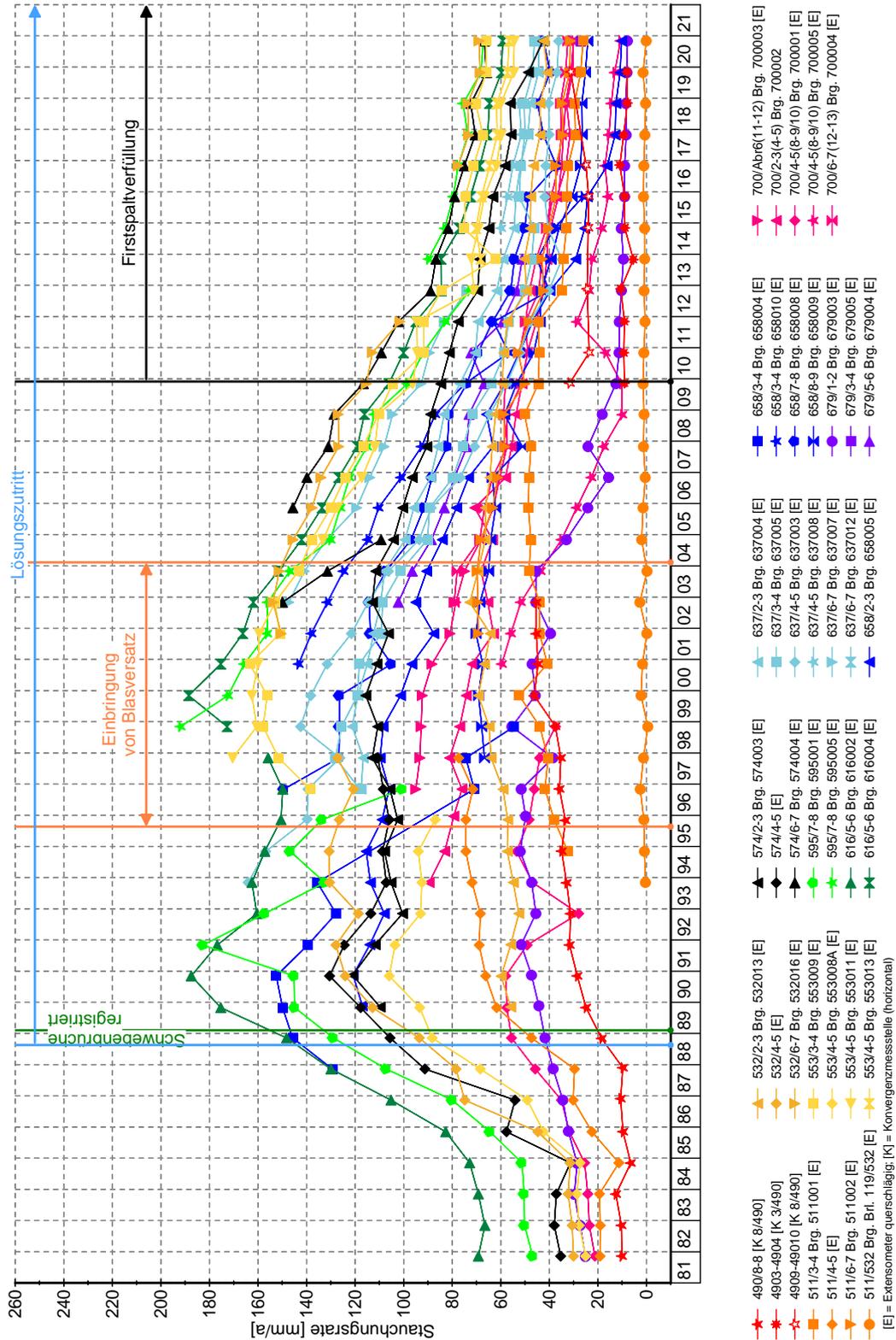


Symbol	Messstelle	Sohle	Pfeiler	Bohrung	Anker	Teufe*	Zeitraum
—	MFA 490-TA\509	595-m-Sohle	8/9	595002	5	47,0 m	01.01.2010 - 31.12.2020
—	MFA 490-TA\518	658-m-Sohle	8/9	658009	5	52,9 m	01.01.2010 - 31.12.2020

\* Einbautiefe in Bohrung

## Entwicklung der Pfeilerstauchungsraten 490- bis 700-m-Sohle

Jahresscheiben 11/1981 – 11/2020



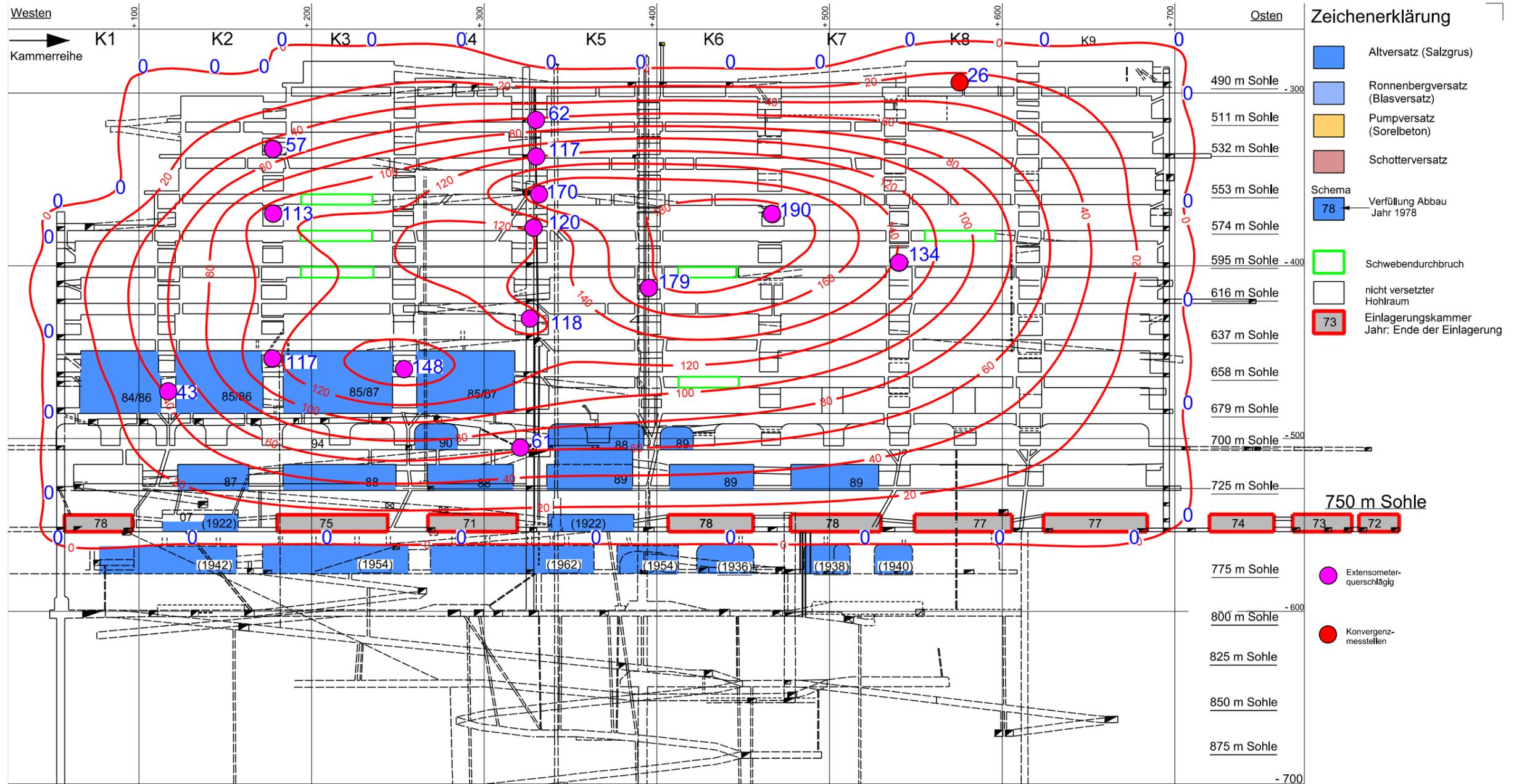
**Übersicht der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten und absolute Stauchungen für die Jahre 2018, 2019 und 2020**

Messstelle	Pfeilerreihe bzw. Abbaureihe	Teufe [m]	Messzeitraum		Stauchung [mm]	Stauchungsrate [mm/a]	Berichtszeitraum		Stauchung [mm]	Stauchungsrate <sup>(1)</sup> im Jahr 2018 [mm/a]	Stauchungsrate <sup>(1)</sup> im Jahr 2019 [mm/a]	Stauchungsrate <sup>(1)</sup> im Jahr 2020 [mm/a]	Delta 2020–2019
			von	bis			von	bis					
532-WAbb2	west. Abb. 2	-323,2	11.05.2011	31.12.2020	-3,3	0,4	01.01.2020	31.12.2020	-0,4	0,2	0,3	0,4	0,1
679-1/2	1/2	-471,3	10.09.2011	31.12.2020	-80,5	8,6	01.01.2020	31.12.2020	-7,6	7,9	7,4	7,6	0,2
532-2/3	2/3	-333,7	05.11.2009	31.12.2020	-533,1	47,8	01.01.2020	31.12.2020	-42,0	43,0	40,3	42,1	1,8
574-2/3	2/3	-369,6	05.11.2009	31.12.2020	-689,9	62,1	01.01.2020	31.12.2020	-42,5	55,5	47,2	42,5	-4,7
637-2/3 <sup>(2)</sup>	2/3	-430,7	23.12.2009	31.12.2020	-606,1	54,9	01.01.2020	31.12.2020	-44,5	47,1	44,5	43,9	-0,6
658-2/3	2/3	-453,7	23.12.2009	31.12.2020	-277,1	25,2	01.01.2020	31.12.2020	-10,1	12,2	10,7	10,0	-0,6
700-2/3(4-5)	2/3 (4/5)	-491,0	11.05.2011	31.12.2020	-338,8	35,2	01.01.2020	31.12.2020	-30,0	32,4	30,1	30,0	-0,1
511-3/4	3/4	-302,7	07.11.2009	31.12.2020	-360,9	32,4	01.01.2020	31.12.2020	-24,4	28,6	25,1	24,5	-0,6
553-3/4	3/4	-344,6	05.11.2009	31.12.2020	-836,3	77,2	01.01.2020	31.12.2020	-67,0	69,2	66,0	67,0	1,0
637-3/4	3/4	-431,0	20.12.2009	31.12.2020	-560,7	50,9	01.01.2020	31.12.2020	-45,9	49,8	46,8	45,9	-0,9
679-3/4	3/4	-486,9	22.07.2019	31.12.2020	-38,3	26,5	01.01.2020	31.12.2020	-26,2	-	27,1	26,2	-0,8
553-4/5 (Beton) <sup>(3)</sup>	4/5 (Beton)	-359,8	26.09.2013	31.12.2020	-485,8	67,0	01.01.2020	31.12.2020	-60,6	64,8	60,6	60,6	-0,0
637-4/5 (Firstniveau)	4/5 (Firstniveau)	-432,6	18.12.2009	31.12.2020	-440,9	39,6	01.01.2020	31.12.2020	-36,0	39,7	36,6	36,0	-0,5
700-4/5(8/9-10)	4/5 (8/9-10)	-494,4	09.09.2010	31.12.2020	-184,5	18,0	01.01.2020	31.12.2020	-10,8	13,9	12,6	10,8	-1,8
616-5/6 <sup>(4)</sup>	5/6	-412,7	17.12.2009	31.12.2020	-820,4	74,3	01.01.2020	31.12.2020	-58,0	62,7	59,6	58,1	-1,5
637-5/6	5/6	-473,5	14.05.2011	31.12.2020	-374,5	39,4	01.01.2020	31.12.2020	-32,0	35,4	32,7	31,9	-0,8
700-Abr6(11-12)	ABR 6 (11/12)	-493,5	01.12.2010	31.12.2020	-418,3	41,4	01.01.2020	31.12.2020	-32,8	36,7	33,8	32,7	-1,1
511-6/7 <sup>(5)</sup>	6/7	-307,9	31.07.2009	31.12.2020	-429,0	37,5	01.01.2020	31.12.2020	-29,6	31,9	29,3	29,6	0,4
532-6/7 <sup>(6)</sup>	6/7	-329,4	31.07.2009	31.12.2020	-951,8	83,2	01.01.2020	31.12.2020	-68,2	72,1	68,0	68,3	0,3
574-6/7 <sup>(7)</sup>	6/7	-371,0	31.07.2009	31.12.2020	-927,5	81,2	01.01.2020	31.12.2020	-65,1	69,8	65,2	65,0	-0,2
700-6/7(12-13) <sup>(8)</sup>	6/7 (12/13)	-495,8	21.03.2010	31.12.2020	-405,2	37,7	01.01.2020	31.12.2020	-28,9	31,9	30,4	29,0	-1,4
595-7/8 <sup>(9)</sup>	7/8	-396,7	05.11.2009	31.12.2020	-860,6	77,0	01.01.2020	31.12.2020	-67,7	72,5	67,4	67,7	0,3
658-7/8	7/8	-453,3	14.12.2013	31.12.2020	-307,1	43,2	01.01.2020	31.12.2020	-42,1	43,5	40,0	42,1	2,1
595-8/9 <sup>(10)</sup>	8/9	-388,9	07.11.2009	31.12.2020	-579,3	52,1	01.01.2020	31.12.2020	-42,1	45,4	41,8	41,8	0,0
658-8/9	8/9	-452,8	15.11.2013	31.12.2020	-197,8	27,6	01.01.2020	31.12.2020	-24,2	26,4	24,9	24,1	-0,8

- <sup>(1)</sup> Mittelwert der wöchentlichen Stauchungsraten im angegebenen Zeitraum.
- <sup>(2)</sup> Messkurve zeigt stufenförmigen Verlauf. Daher große Schwankungen in den Stauchungsraten.
- <sup>(3)</sup> Messwerte vom 06.01.2020 bis 07.01.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst. Messwerte werden wöchentlich ausgelesen.
- <sup>(4)</sup> Messwerte am 14.12.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.
- <sup>(5)</sup> Messwerte am 03.12.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.
- <sup>(6)</sup> Messwerte am 02.11.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.
- <sup>(7)</sup> Messwerte am 05.05.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.
- <sup>(8)</sup> Messwerte vom 26.11.2020 bis zum 08.12.2020 unberücksichtigt. Messwerte am 14.12.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.
- <sup>(9)</sup> Messwerte vom 02.07.2020 bis 03.07.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.
- <sup>(10)</sup> Messwerte am 05.05.2020 durch Gestängekürzung beeinflusst.

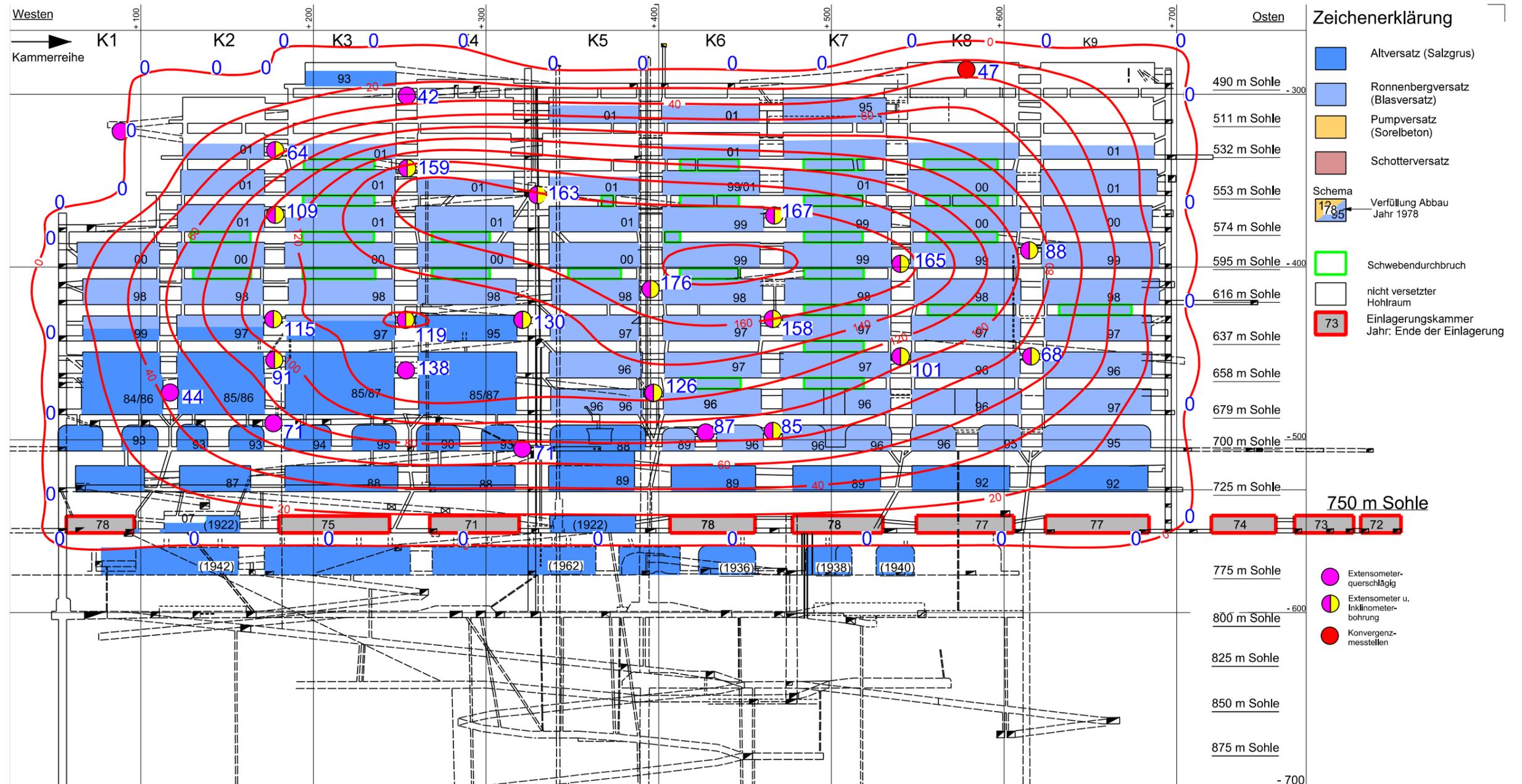
	Rückgang der Stauchungsrate von $\leq -0,3$ mm/a
	Stauchungsrate unverändert
	Anstieg der Stauchungsrate von $\geq 0,3$ mm/a

### Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 02/89 bis 02/90



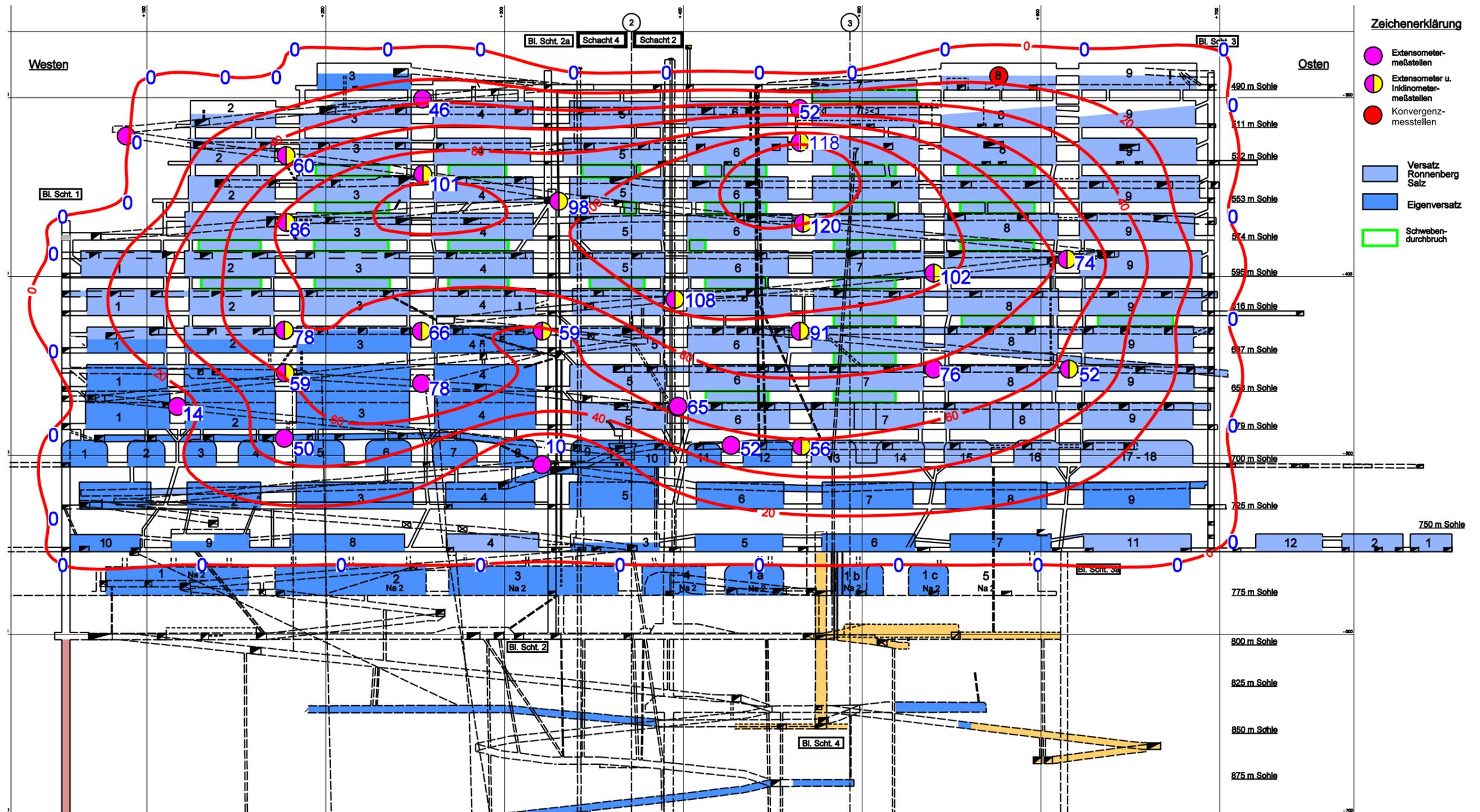
Ausschnitt aus dem vereinfachten Seiger- und Längsschnitt 1  
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 02/1990

### Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 02/00 bis 02/01



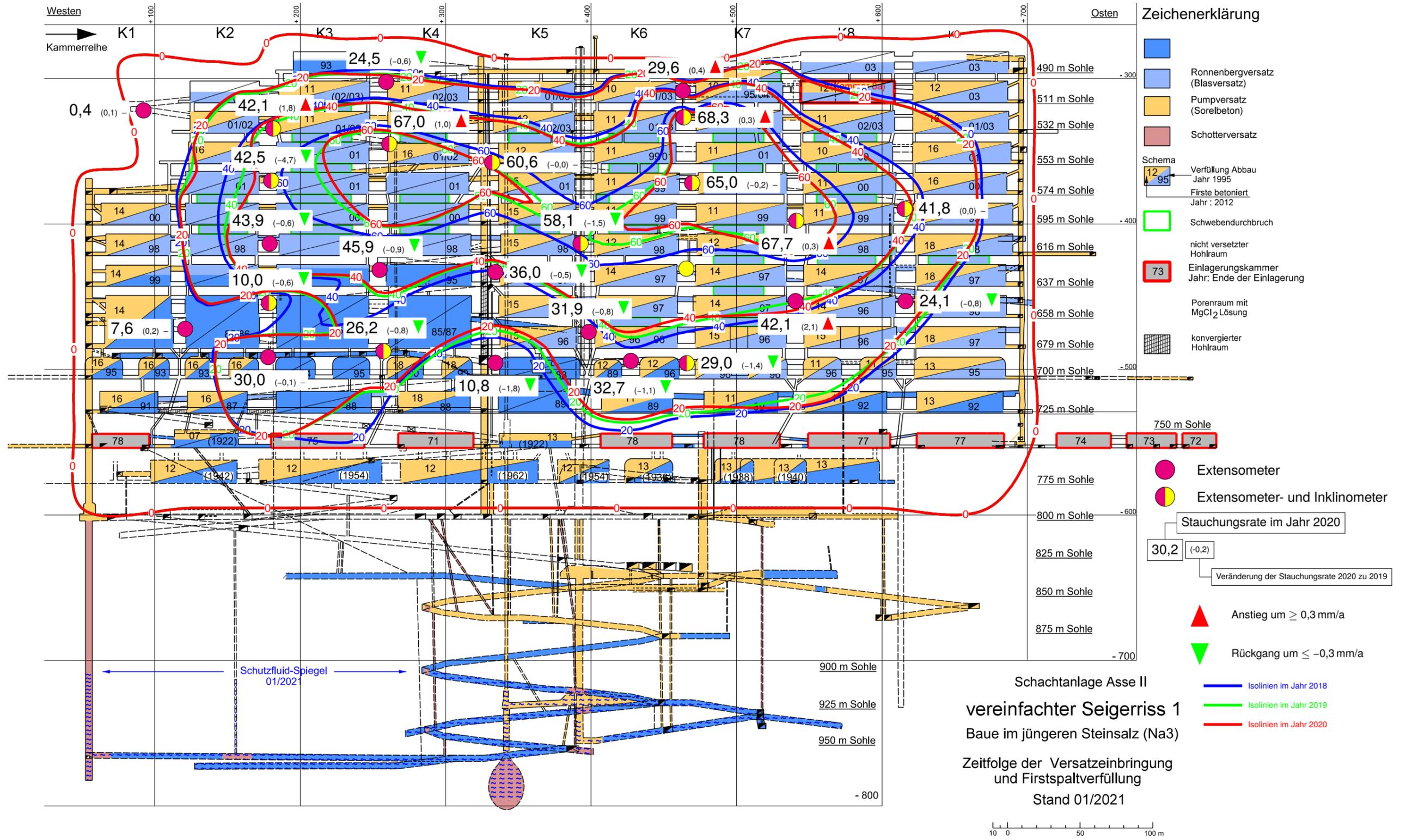
Ausschnitt aus dem vereinfachten Seiger- und Längsschnitt 1  
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 02/2001

Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten 08/08 bis 08/09 in mm/a

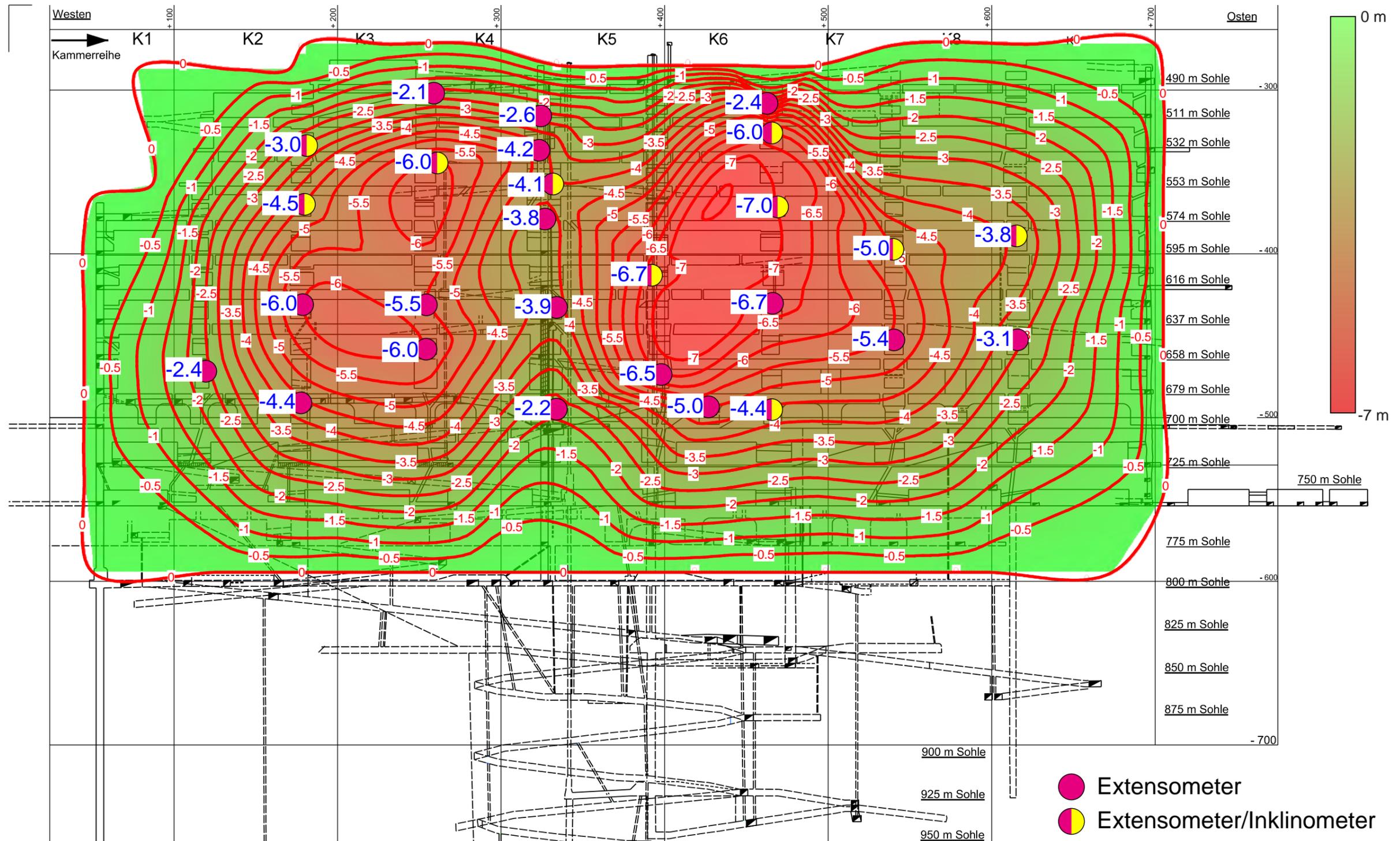


Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1  
Zeitfolge der Versatzeinbringung und Firstspaltverfüllung mit Stand 08/2009

Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten der Jahre 2018, 2019 und 2020 in mm/a



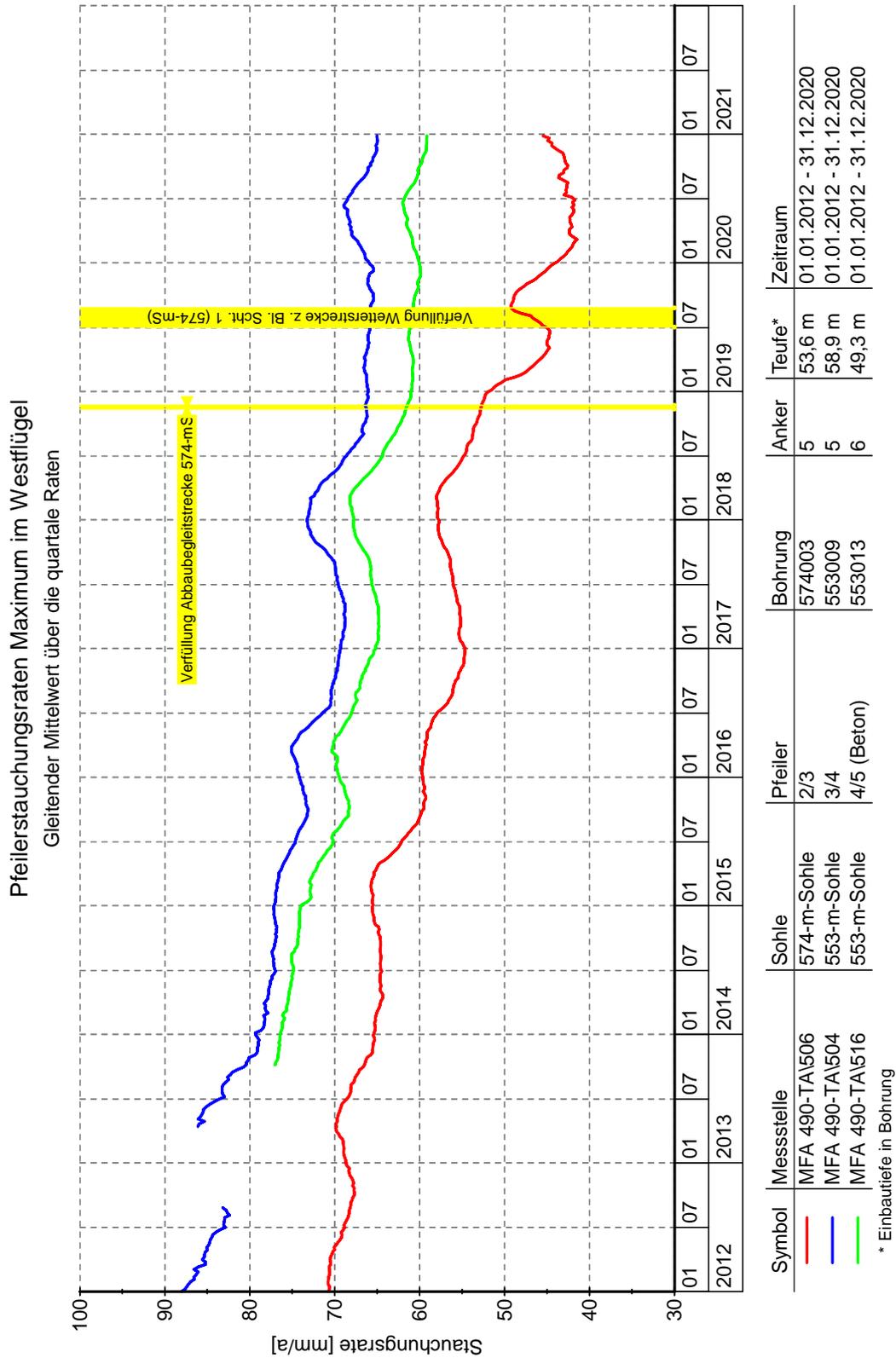
**Isolinien der Abschätzung der integralen horizontalen Pfeilerstauchung (Zeitraum Ende der jeweiligen Auffahrung bis 01.01.2021 in m)**

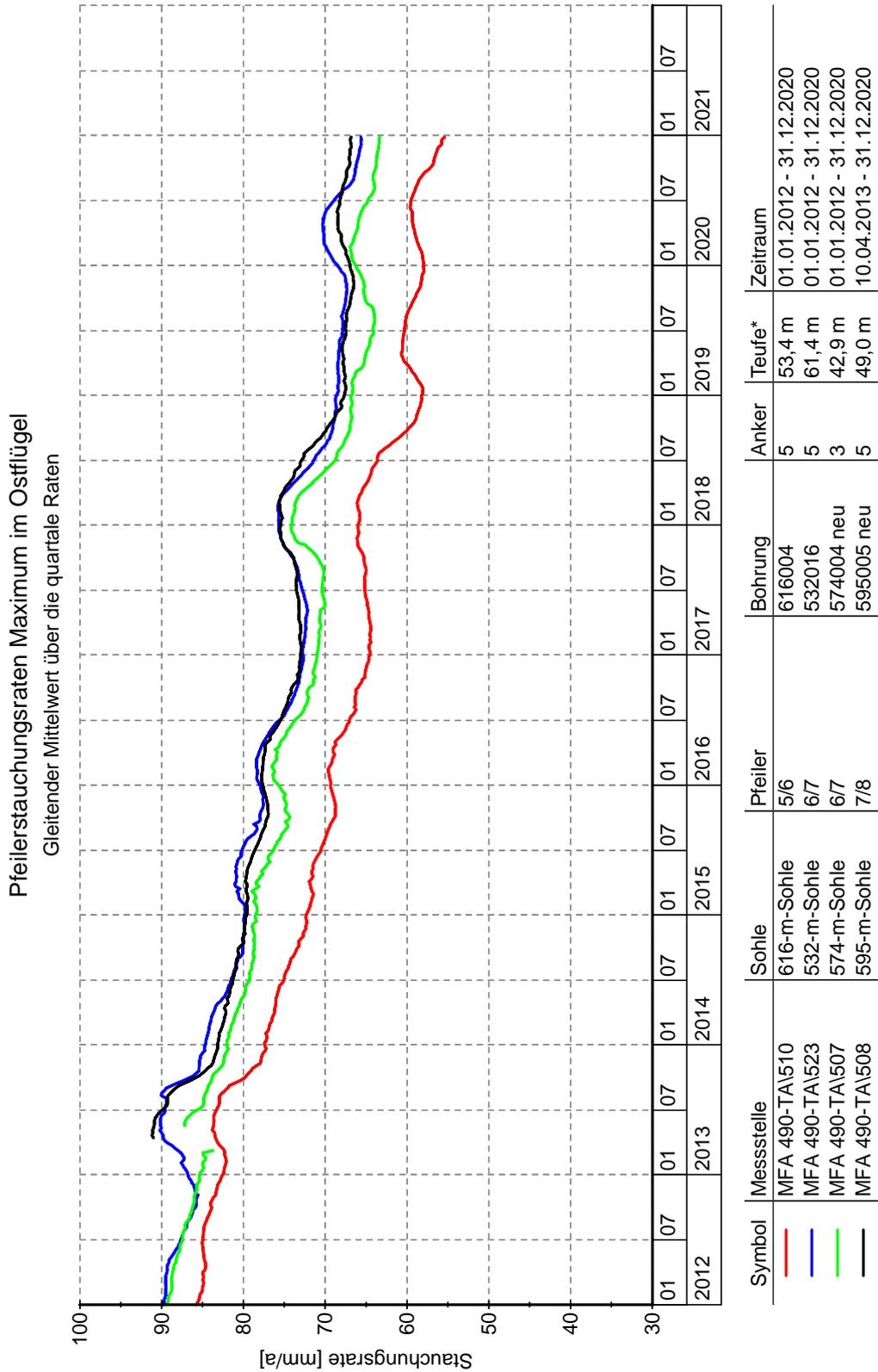


● Extensometer  
● Extensometer/Inklinometer

Ausschnitt aus dem vereinfachtem Seiger- und Längsschnitt 1

### Trendfunktion der maximalen Pfeilerstauchungsraten im West- und Ostflügel





Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 241

### Anhang 3.2: Visuelle Beobachtungen in den Inclinometerbohrungen

#### Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 2/3, 532- und 658-m-Sohle



*Bild 1: Bohrung 532015; elliptische Bohrlochkontur und kleinere Ausbrüche bei ca. 41 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 24.11.2020*



*Bild 2: Bohrung 658010; elliptische Bohrlochkontur bei ca. 13 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 23.11.2020*

#### Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 3/4, 553- und 679-m-Sohle



*Bild 3: Bohrung 553012; Dunkelfärbung der Bohrlochsohle und Ausblühungen bei ca. 0,5 m Bohrlochteufe deuten auf Feuchtigkeit hin, Aufnahme vom 24.11.2020*



*Bild 4: Bohrung 553012; elliptische Bohrlochkontur bei ca. 40 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 24.11.2020*



*Bild 5: Bohrung 679006; Lauge auf der Sohle bei ca. 1 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 02.12.2020*



*Bild 6: Bohrung 679006; Ausbruch in der Firste und feuchtes Hautwerk in der Sohle bei ca. 4 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 02.12.2020*

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 242

**Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 4/5, 553- und 637-m-Sohle**



*Bild 7: Bohrung 553014; Risse in der Bohrlochwand und Ausbruch bei ca. 44 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 23.11.2020*



*Bild 8: Bohrung 637013; Ausblühungen deuten auf Feuchtigkeit bei ca. 36 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 30.11.2020*

**Bohrlochinspektion in Pfeilerreihe 6/7, 574- und 700-m-Sohle**



*Bild 9: Bohrung 574007; Ausbruch der Bohrlochwand bei ca. 26 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 25.11.2020*



*Bild 10: Bohrung 700005; Ausbruch in der westlichen Bohrlochwand bei ca. 38 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 26.11.2020*

**Bohrlochinspektion im Pfeiler 7/8, 595-m-Sohle**



*Bild 11: Bohrung 595006; Riss und Konturausbrüche sowie Haufwerk bei ca. 27 m Bohrlochteufe, Aufnahme vom 26.11.2020*



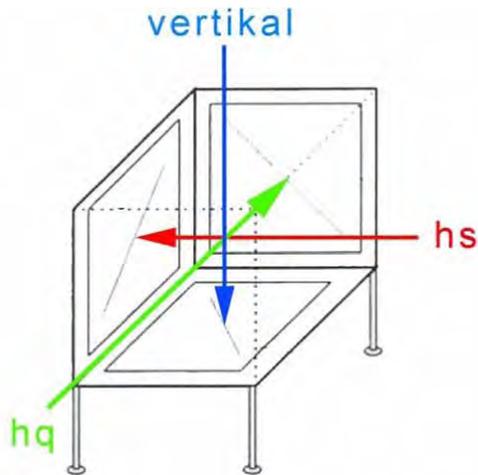
*Bild 12: Bohrung 595006; Riss bei ca. 29 m, Aufnahme vom 26.11.2020*

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									Blatt: 243

**Anhang 4: Versatzdruckmessungen**

**Anhang 4.1: Prinzipskizze – Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation und eines Versatzdruckgebers**

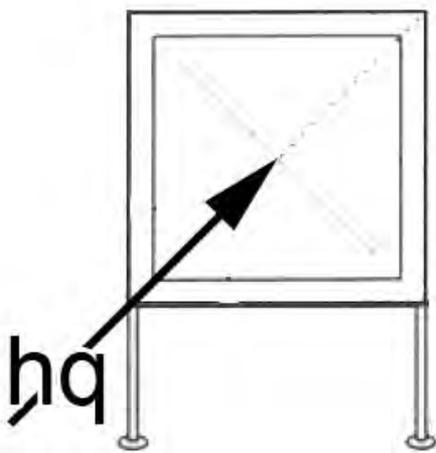
Aufbau einer Versatzdruckmonitorstation:



Legende:

- hs: horizontal-streichend  
(in Streichrichtung des Asse-Sattels)
- hq: horizontal querschlägig  
(orthogonal zum Streichen des Asse-Sattels)

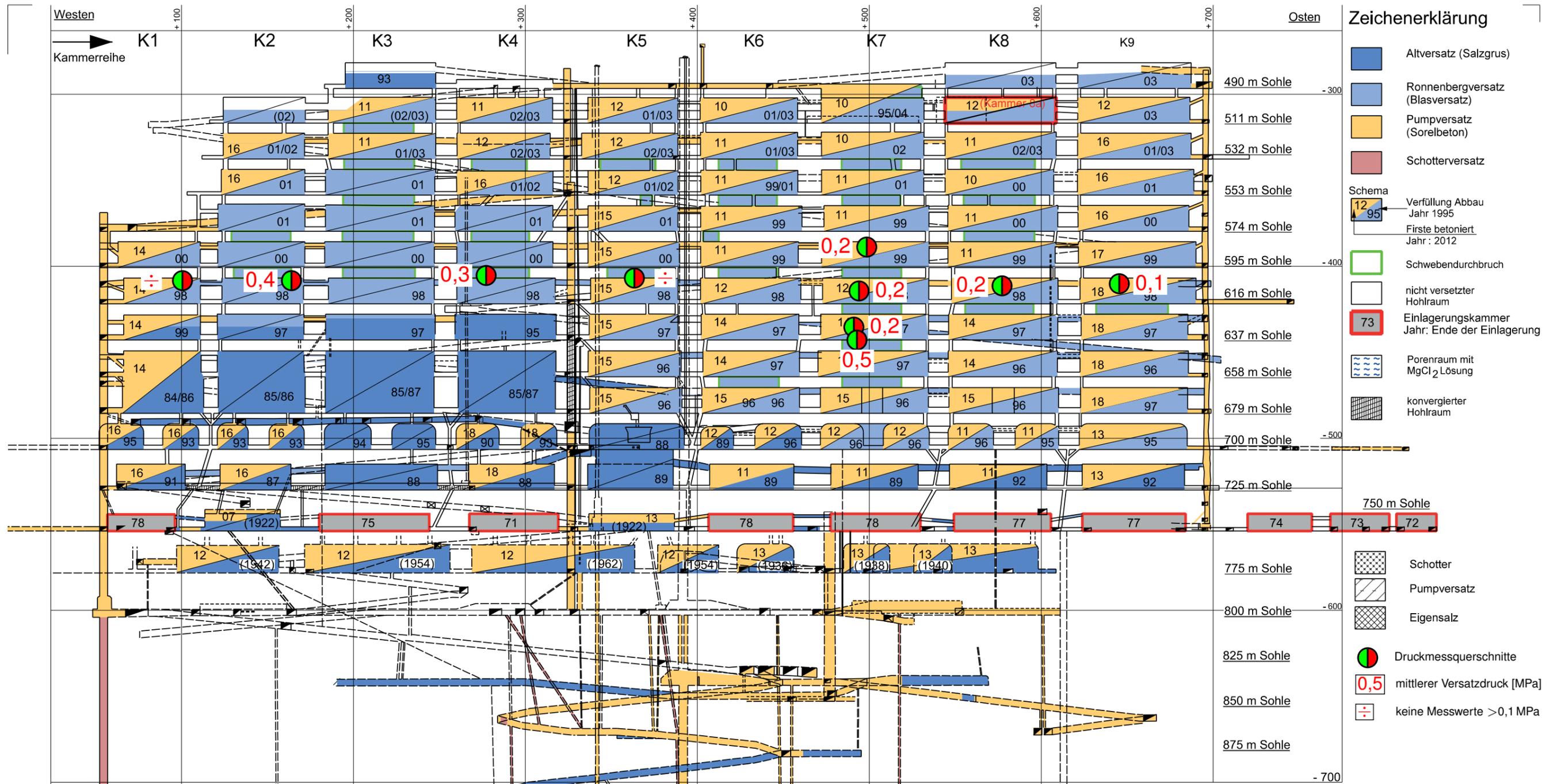
Aufbau eines Versatzdruckgebers:



Legende:

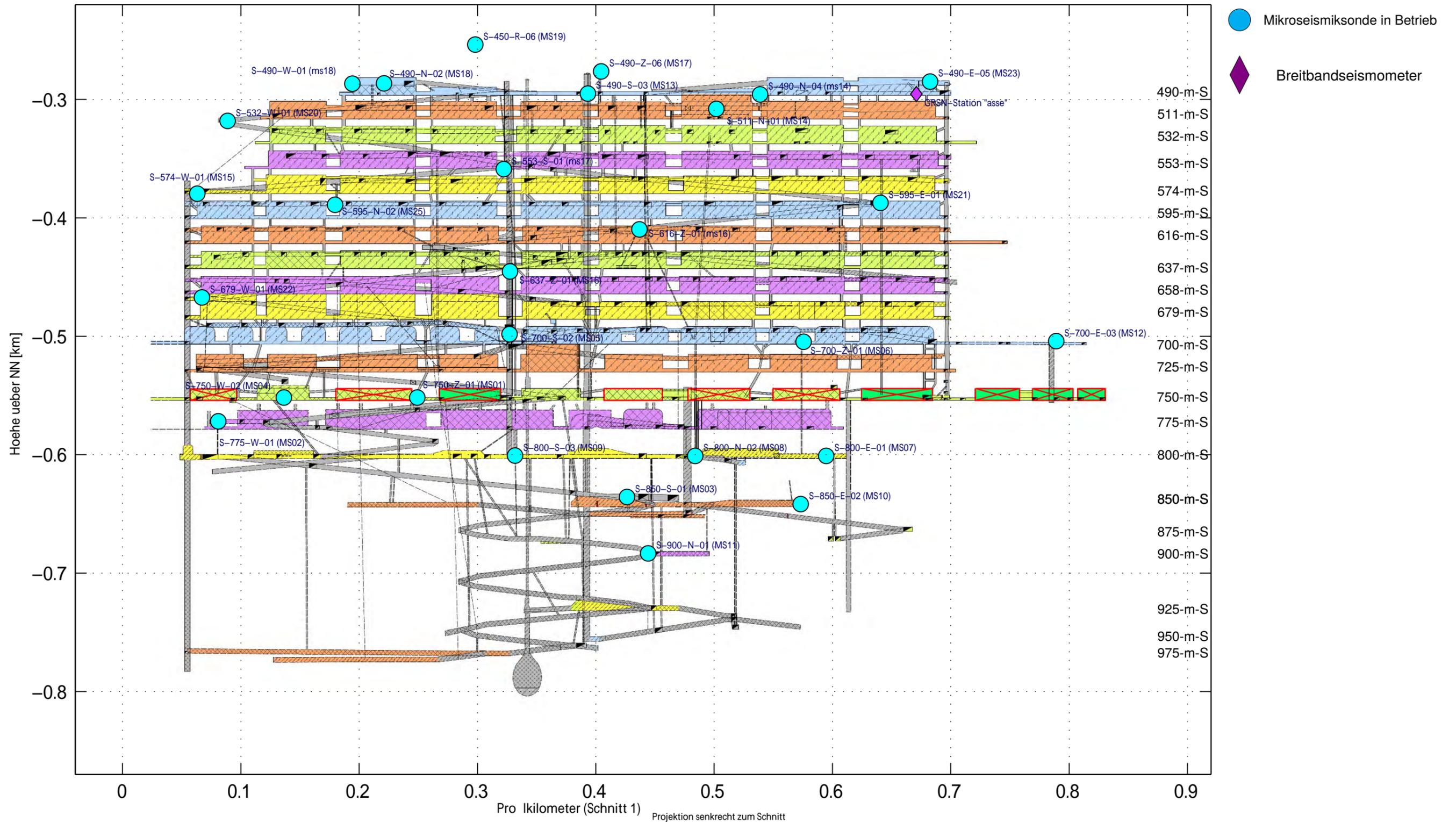
- hq: horizontal querschlägig  
(orthogonal zum Streichen des Asse-Sattels)

**Anhang 4.2: Übersicht des Verfüllfortschrittes (Stand: 01/2021) und der mittleren Versatzdruckmesswerte (Stand: 12/2020)**



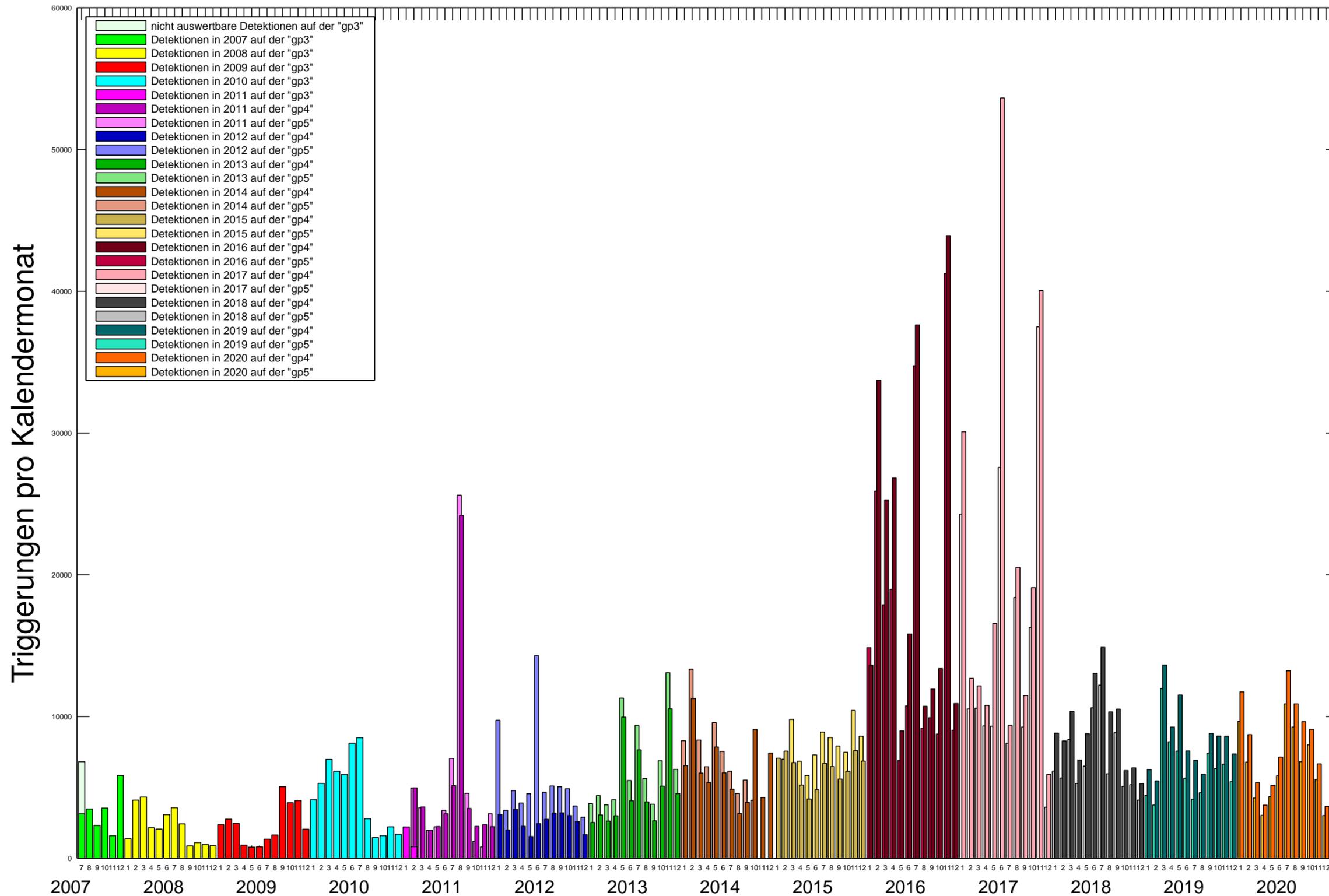
### Anhang 5: Mikroseismische Überwachung

#### Anhang 5.1: Positionen der Mikroseismiksonden



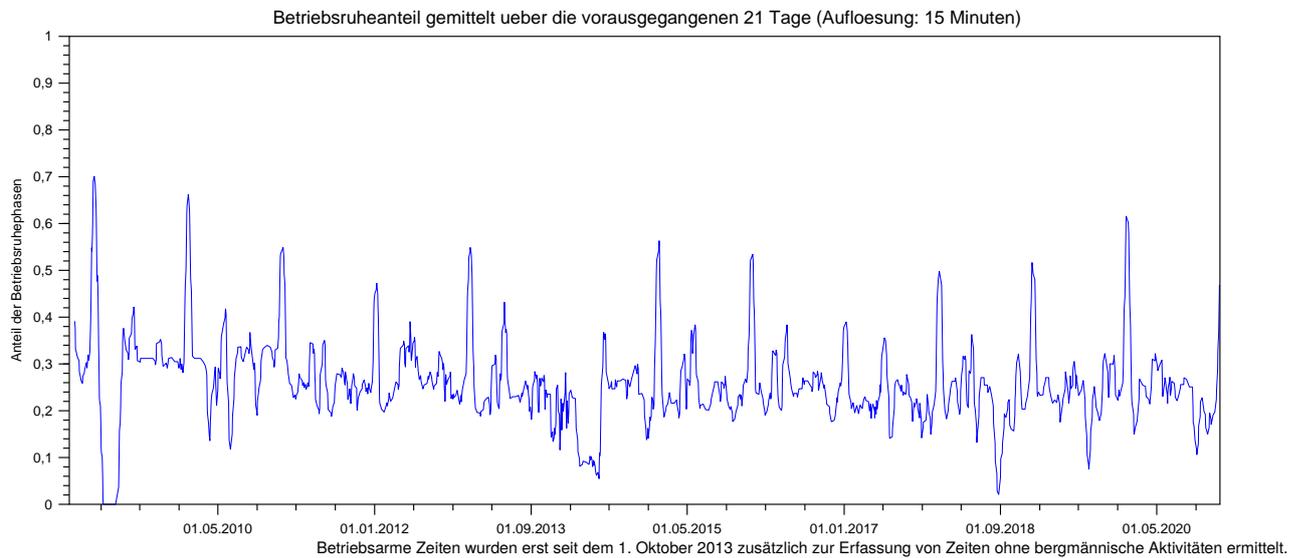
Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)

**Anhang 5.2: Monatliche Detektionen potentieller Ereignisse von 01/2007 bis 12/2020**



Im Zuge der Einrichtung einer teilredundanten Übertragung und Erfassung der Mikroseismikdaten wurde der Transientenrekorder „gp3“ am 3. Februar 2011 durch die beiden Transientenrekorder „gp4“ und „gp5“ ersetzt.

**Anhang 5.3: Anteil der Zeit ohne bzw. mit nur geringen bergmännischen Aktivitäten  
Über drei Wochen gemittelter Anteil der betriebsarmen Zeit bzw. Zeit ohne bergmännische  
Aktivitäten („Betriebsruhe“) von 10/2008 bis 12/2020**



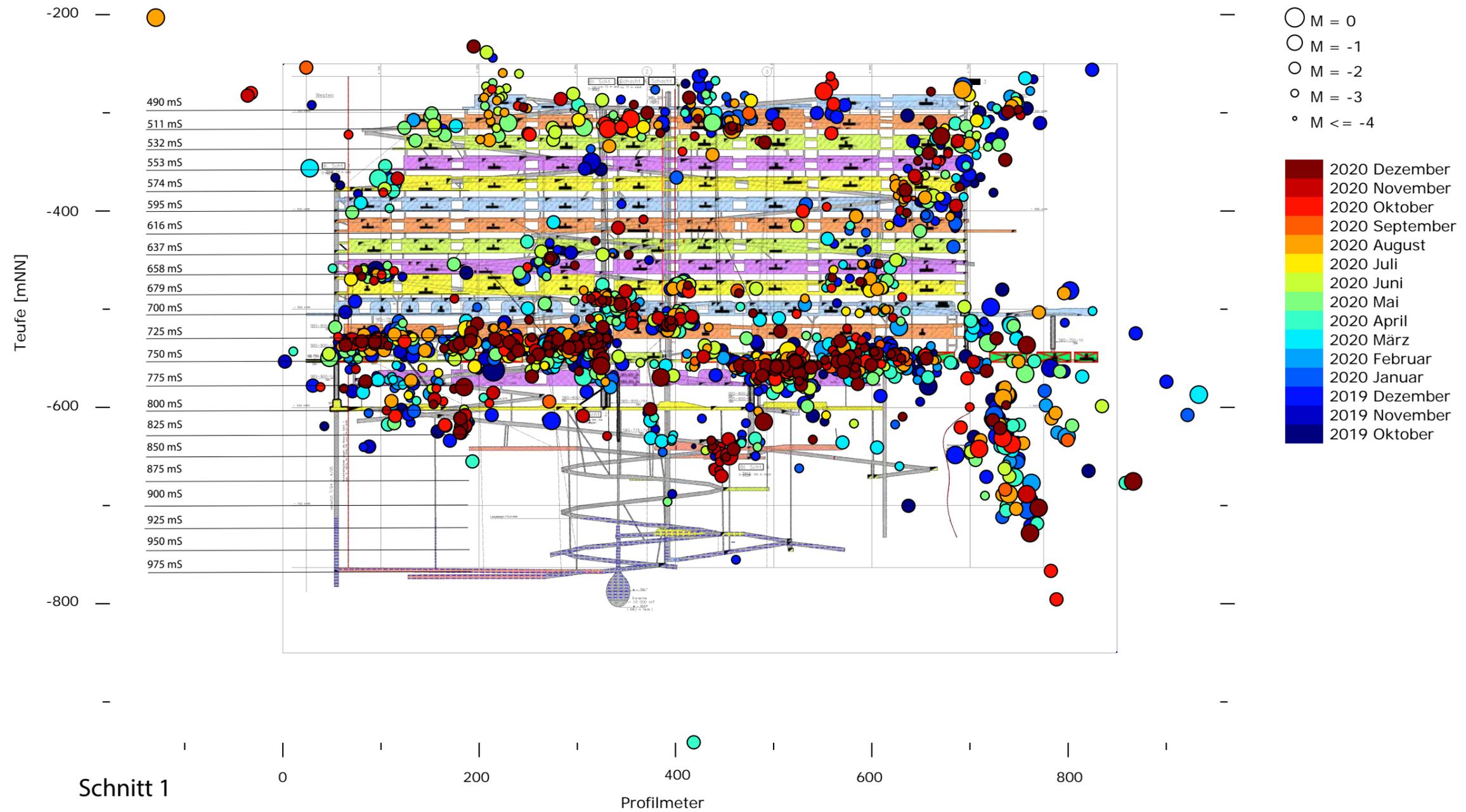
**Betriebsruheanteil bezogen auf die Berichtszeiträume (jeweils von Oktober des Vorjahres bis zum September des Berichtsjahres)**

Kalender- jahr	Gesamt- dauer [Tage]	Betriebsruhe oder betriebsarme Zeit		Betriebsruhe	
		Dauer [Tage]	Anteil [%]	Dauer [Tage]	Anteil [%]
2020	366	121	33	94	26
2019	365	125	34	93	26
2018	365	125	34	86	24
2017	365	130	36	86	24
2016	366	119	33	96	26
2015	365	122	33	95	26
2014	365	124	34	80	22
2013	365	—	—	88	24
2012	366	—	—	103	28
2011	365	—	—	100	27
2010	365	—	—	113	31
2009	365	—	—	101	28

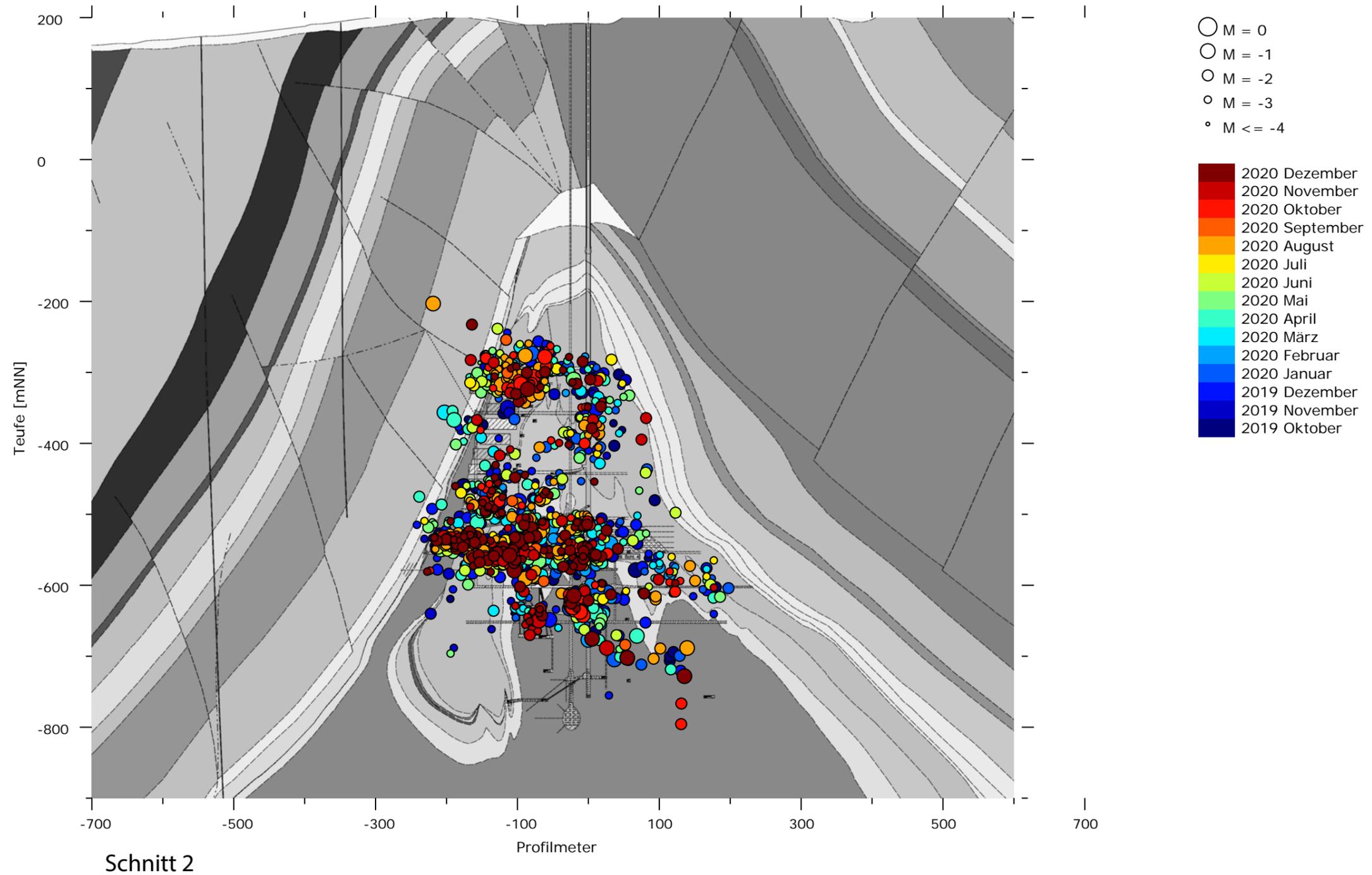
Betriebsruhezeiten liegen erst ab dem 01.10.2008 vor, betriebsarme Zeiten ab dem 01.10.2013.

**Anhang 5.4: Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020  
(manuelle Auswertung)**

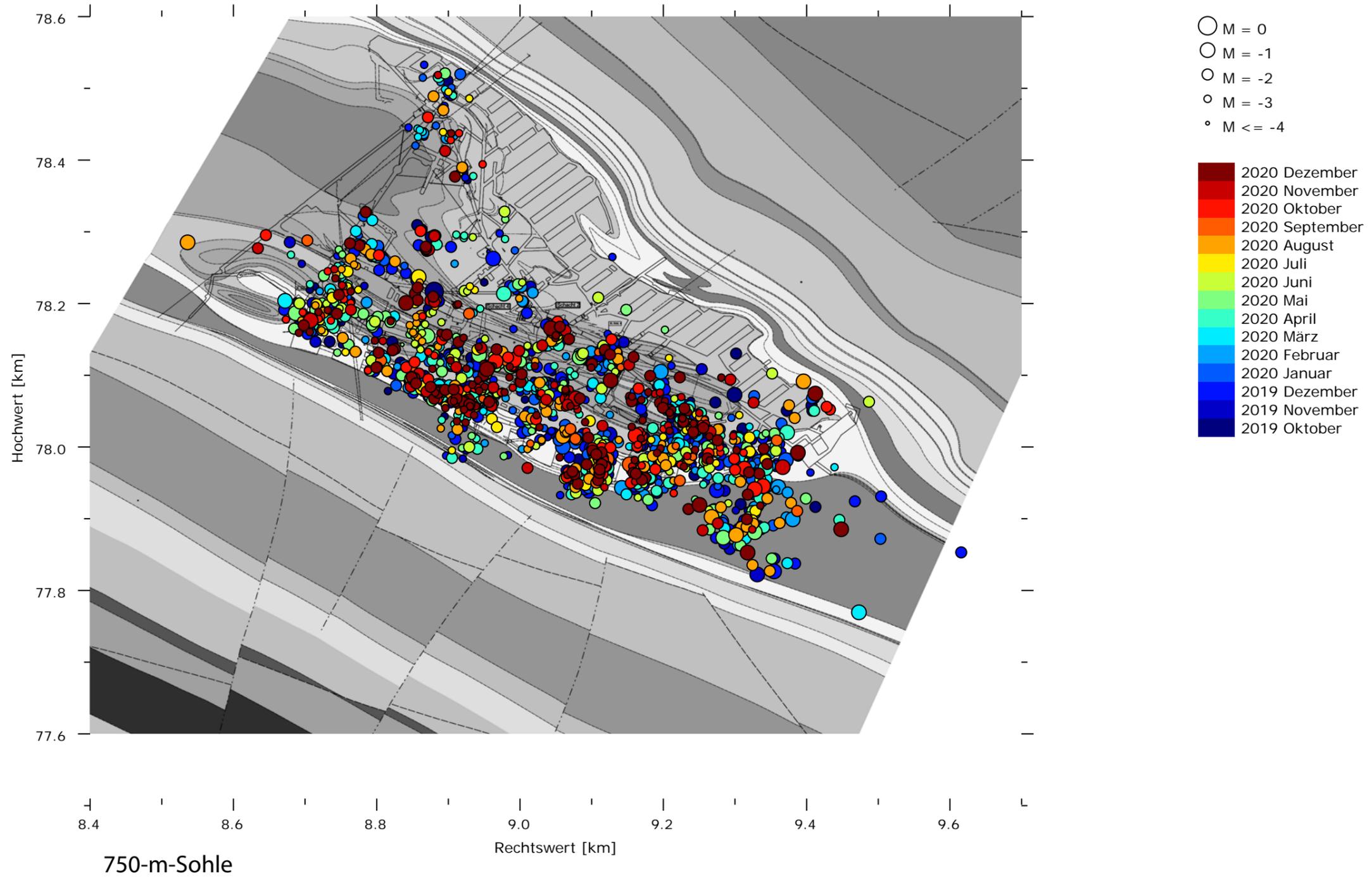
**Projektion manuell lokalisierter Ereignisse des Berichtszeitraums 2020 (Betriebsruhezeiten)  
auf einen etwa parallel zum Streichen verlaufenden Schnitt durch das Baufeld an der  
Südflanke**



**Projektion manuell lokalisierter Ereignisse des Berichtszeitraums 2020 (Betriebsruhezeiten) auf einen etwa senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 5**

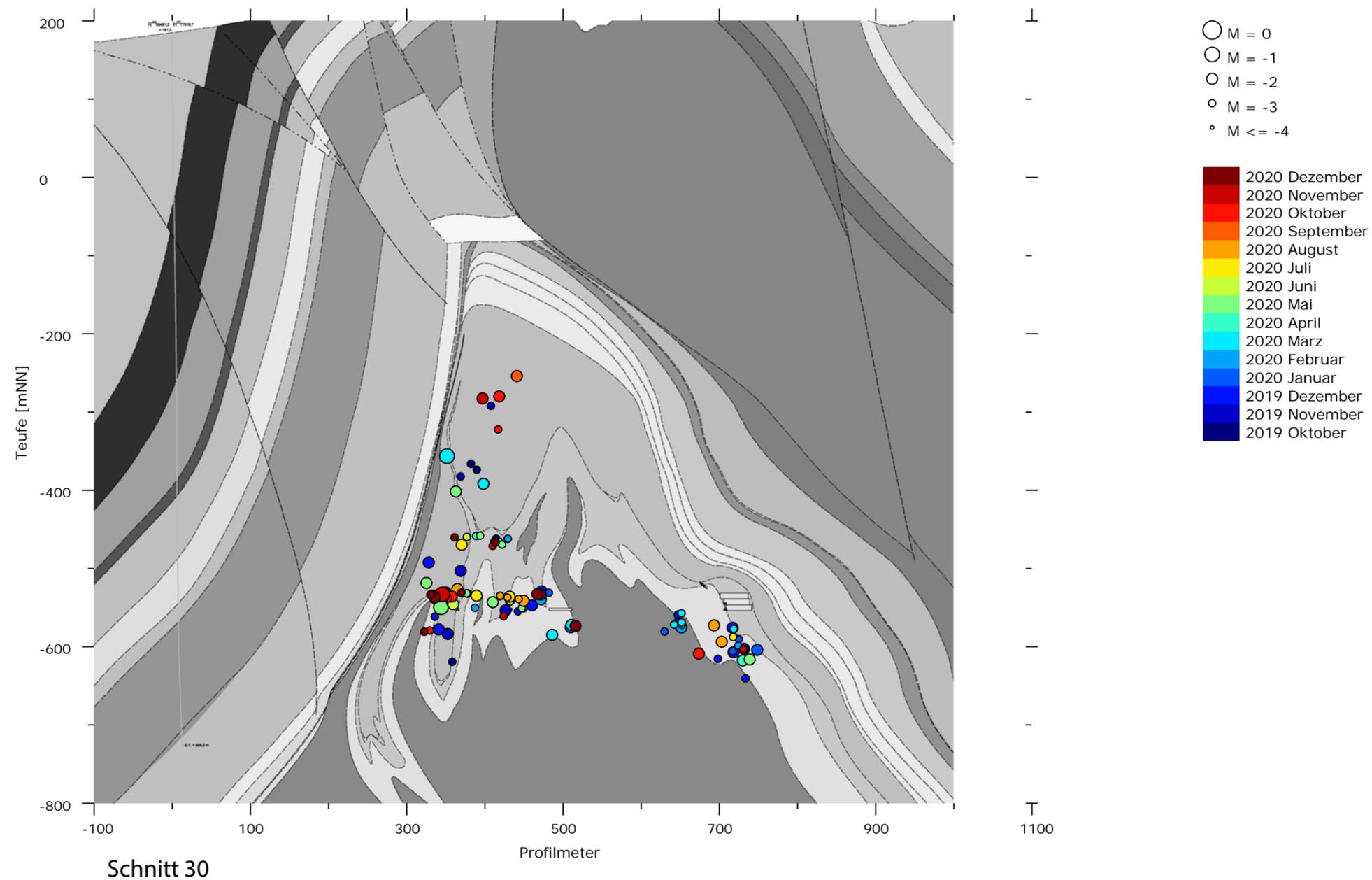


**Laterale Verteilung der manuell lokalisierten Ereignisse des Berichtszeitraums 2020 (Betriebsruhezeiten)**



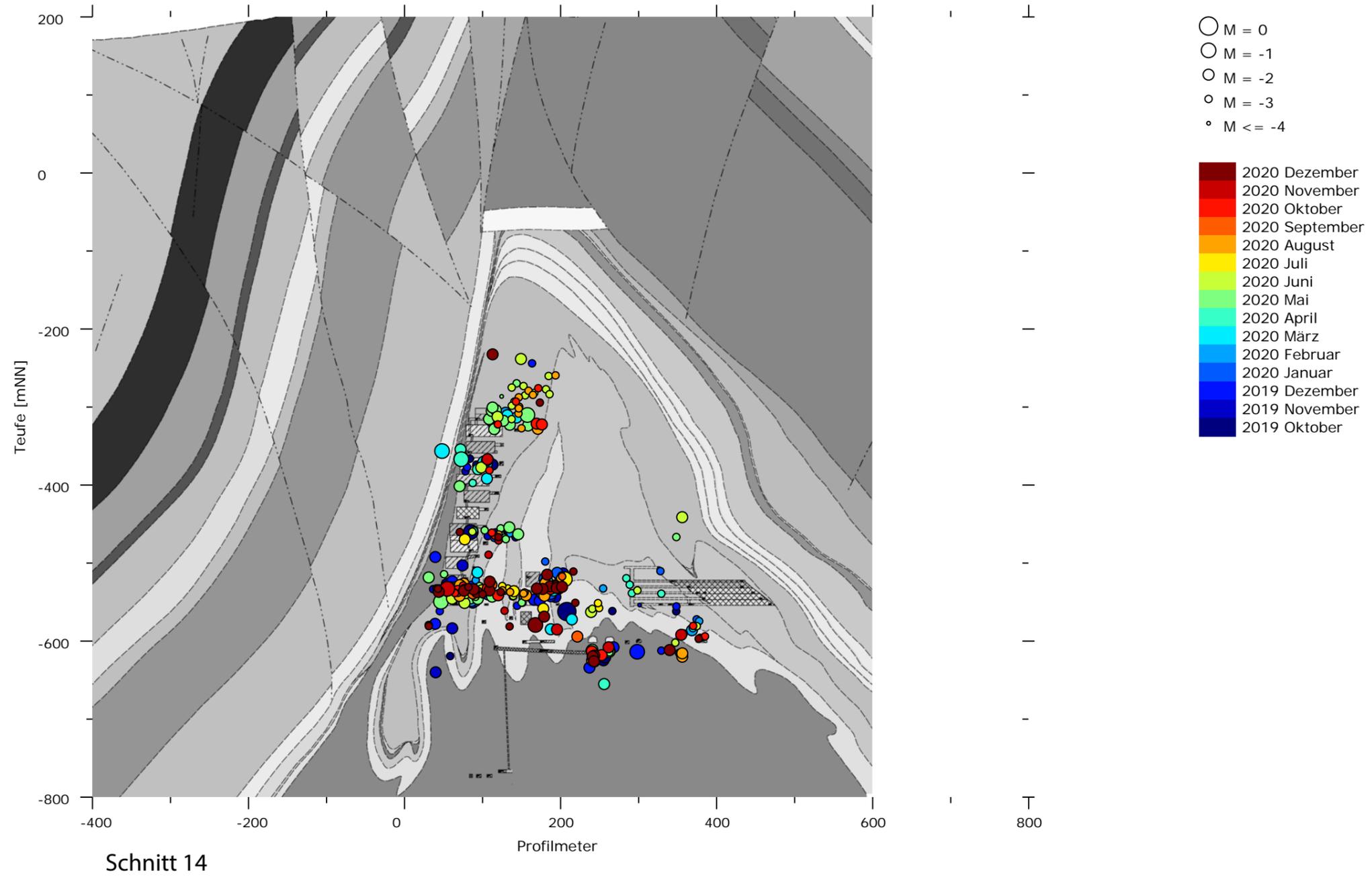
**Anhang 5.5: Mikroseismische Ereignisse in Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 10/2020 (manuelle Auswertung) projiziert auf benachbarte, näherungsweise Nord-Süd-verlaufende Seigerschnitte durch die Linien 30, 14, 2, 22, 26 und 28**

**Ereignisse am westlichen Baufeldrand und westlich des Grubengebäudes projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt westlich des Baufeldrands**



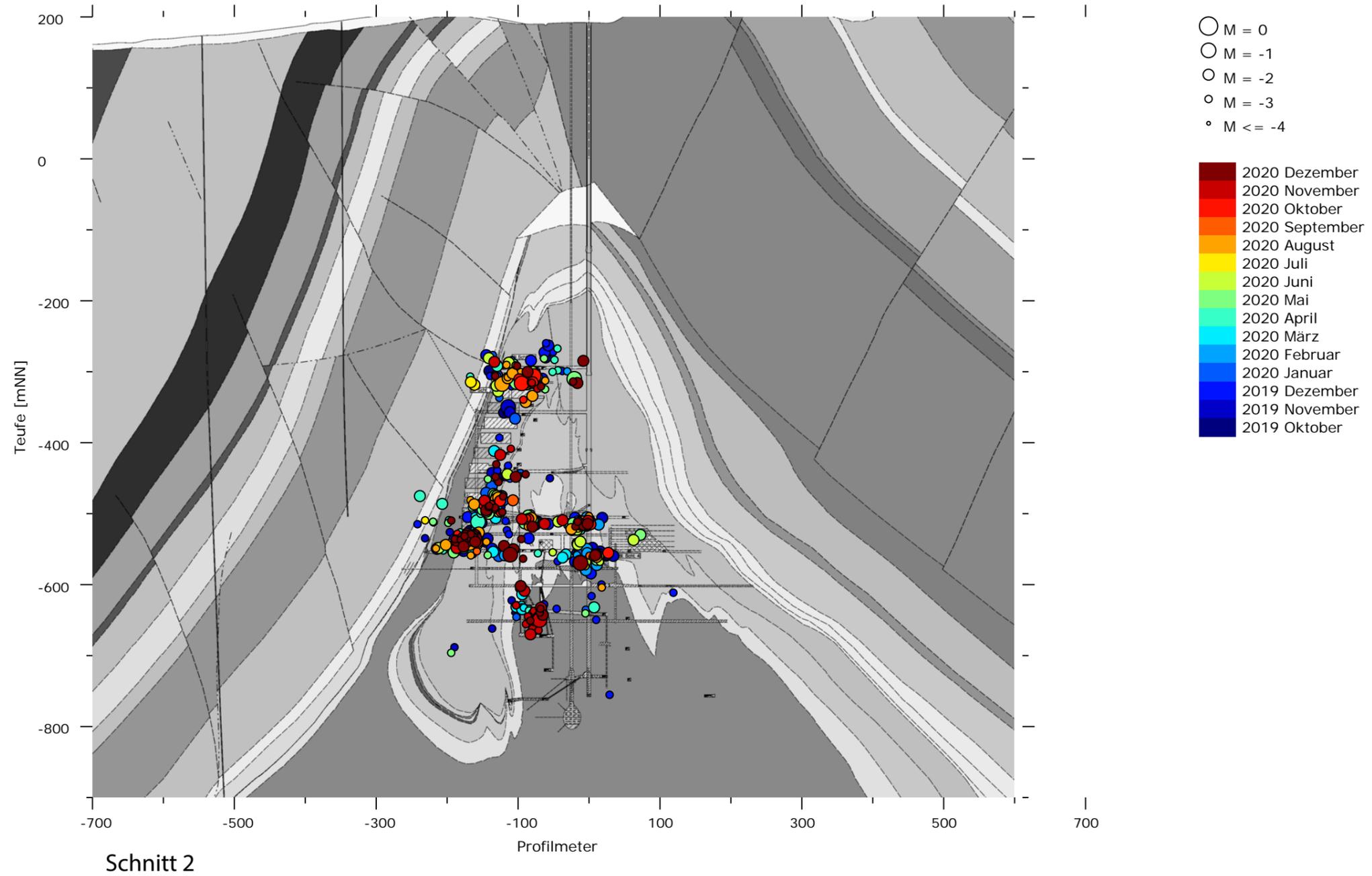
Abweichend zu den vorherigen Jahresberichten wurden hier die Ereignisse im Abstand +/- 100 m zum Schnitt, senkrecht auf den Schnitt projiziert. Verlauf der Schnittlinie siehe Anhang 5.12 auf Blatt 299.

**Ereignisse im Bereich der Abbaureihen 1 bis 3 projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 2**



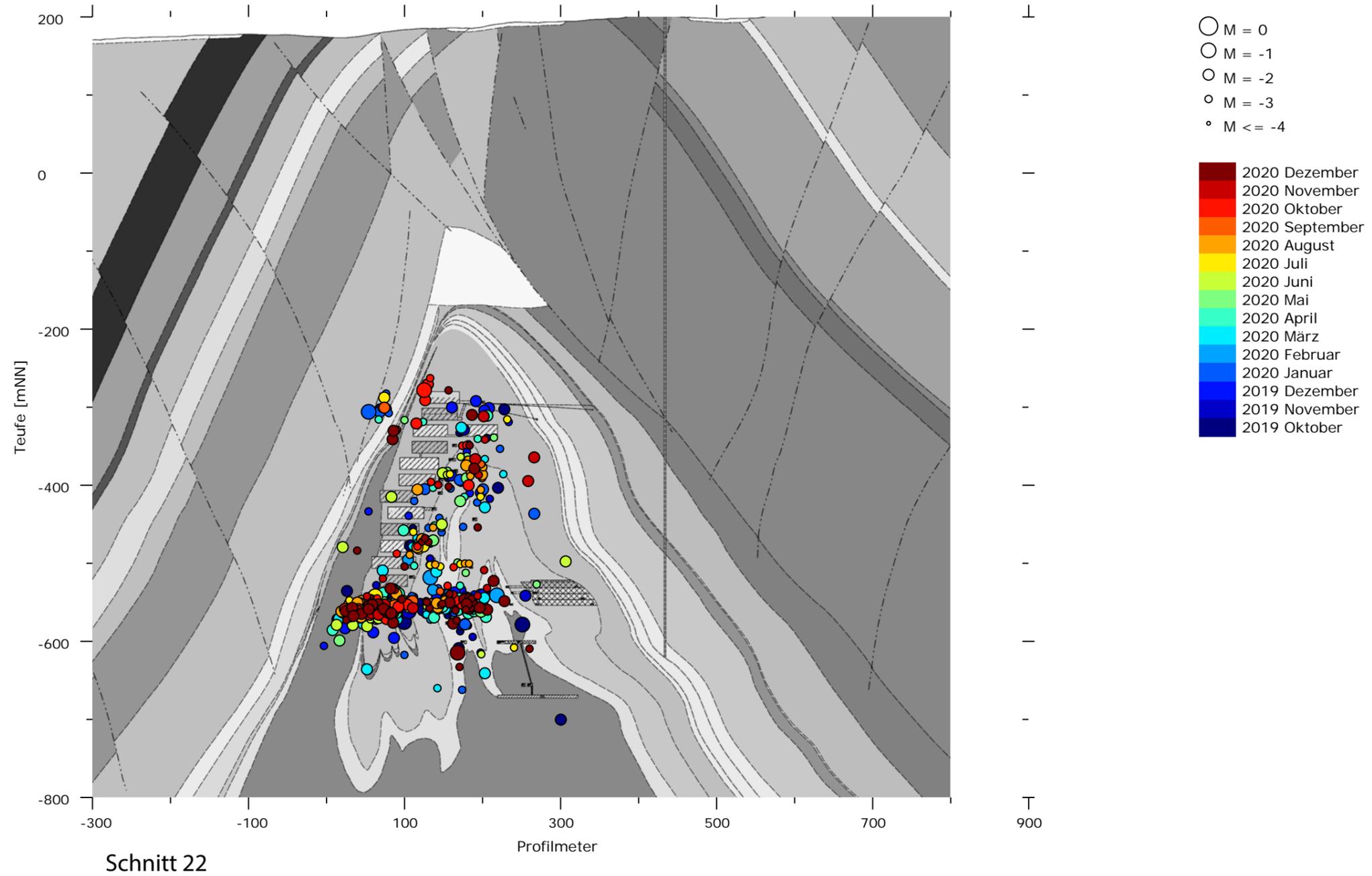
Abweichend zu den vorherigen Jahresberichten wurden hier die Ereignisse im Abstand +/- 100 m zum Schnitt, senkrecht auf den Schnitt projiziert. Verlauf der Schnittlinie siehe Anhang 5.12 auf Blatt 299.

**Ereignisse im Bereich der Abbaureihen 4 bis 6 projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 5**



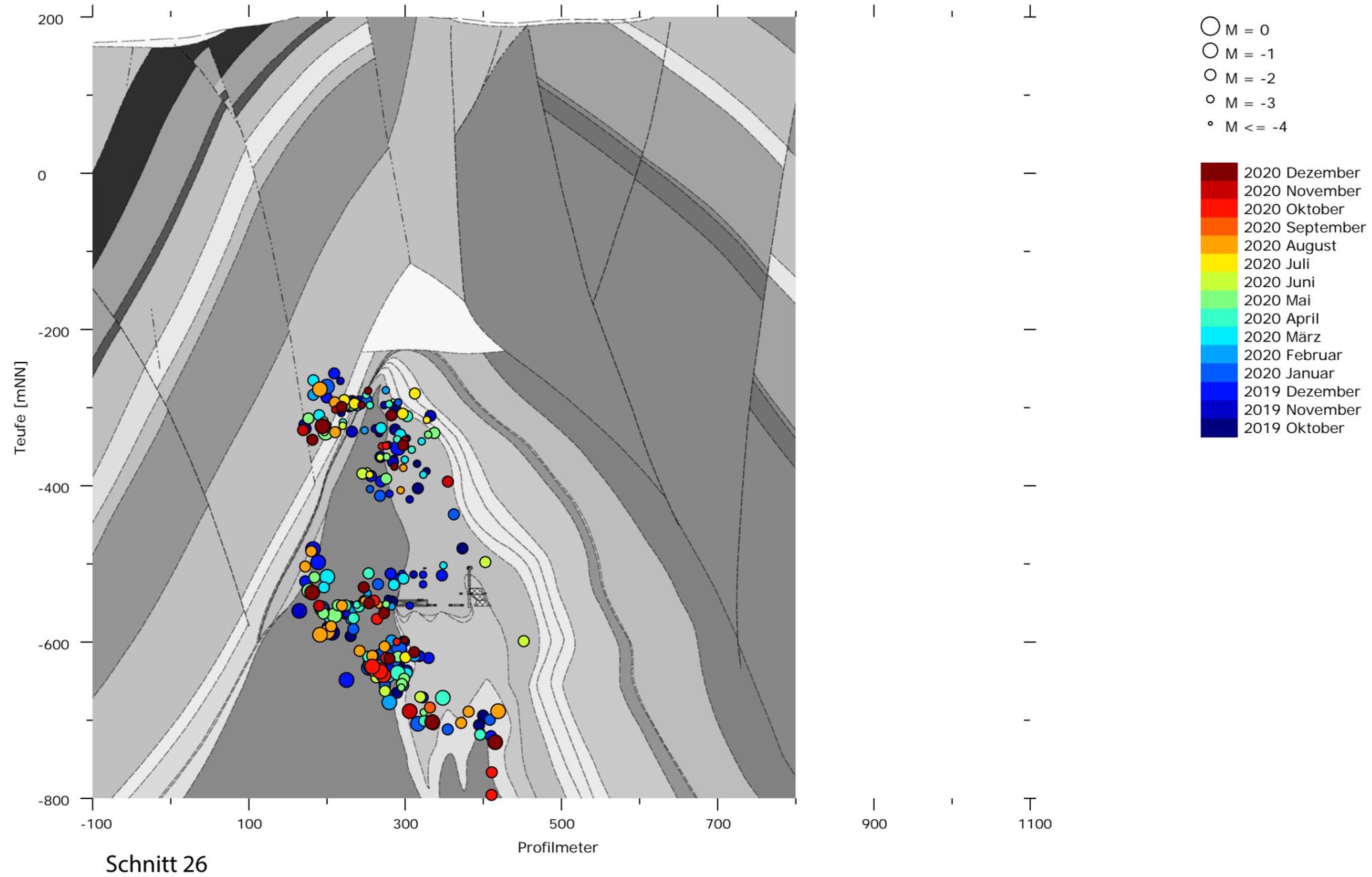
Abweichend zu den vorherigen Jahresberichten wurden hier die Ereignisse im Abstand +/- 100 m zum Schnitt, senkrecht auf den Schnitt projiziert. Verlauf der Schnittlinie siehe Anhang 5.12 auf Blatt 299.

**Ereignisse im Bereich der Abbaureihen 7 bis 9 projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt durch die Abbaureihe 8**



Abweichend zu den vorherigen Jahresberichten wurden hier die Ereignisse im Abstand +/- 100 m zum Schnitt, senkrecht auf den Schnitt projiziert. Verlauf der Schnittlinie siehe Anhang 5.12 auf Blatt 299.

**Ereignisse am östlichen Baufeldrand auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt am östlichen Baufeldrand**



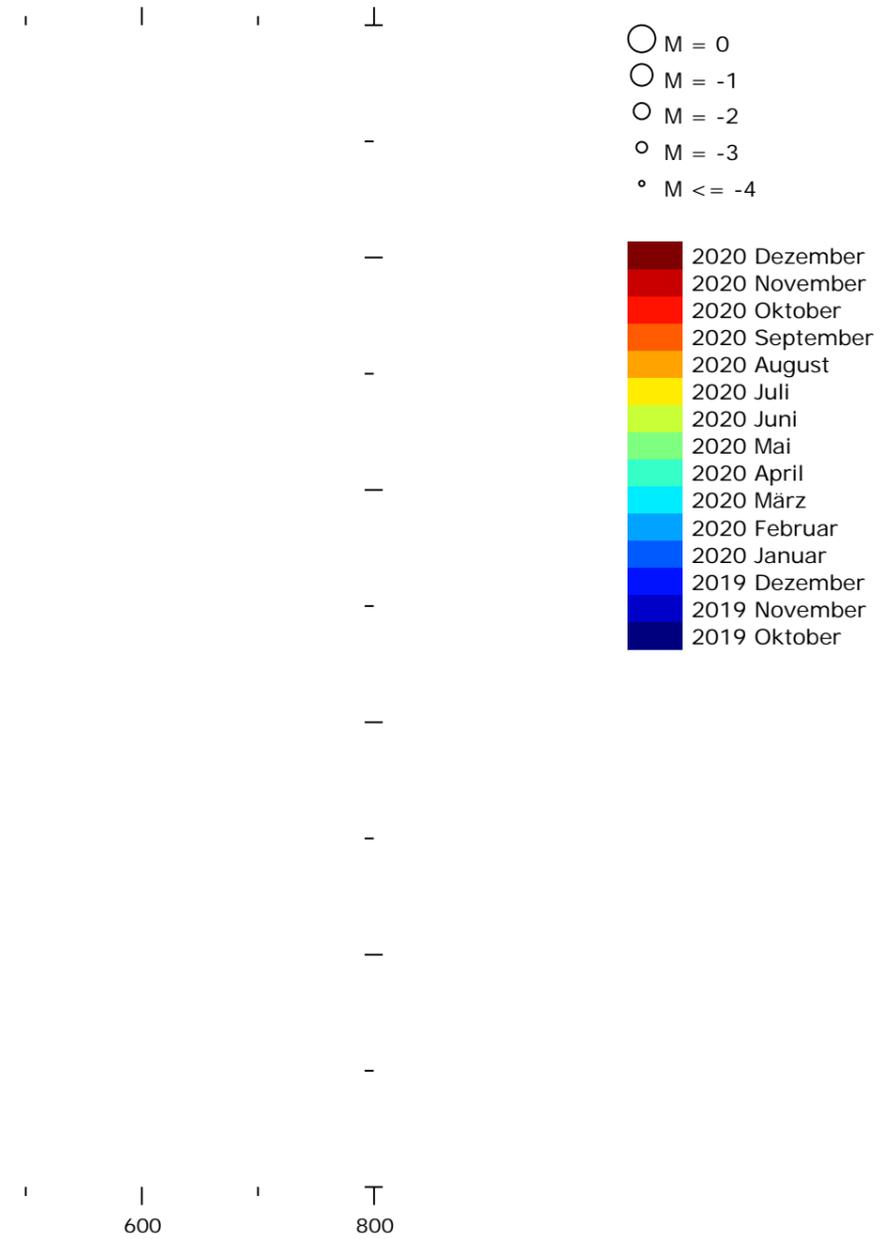
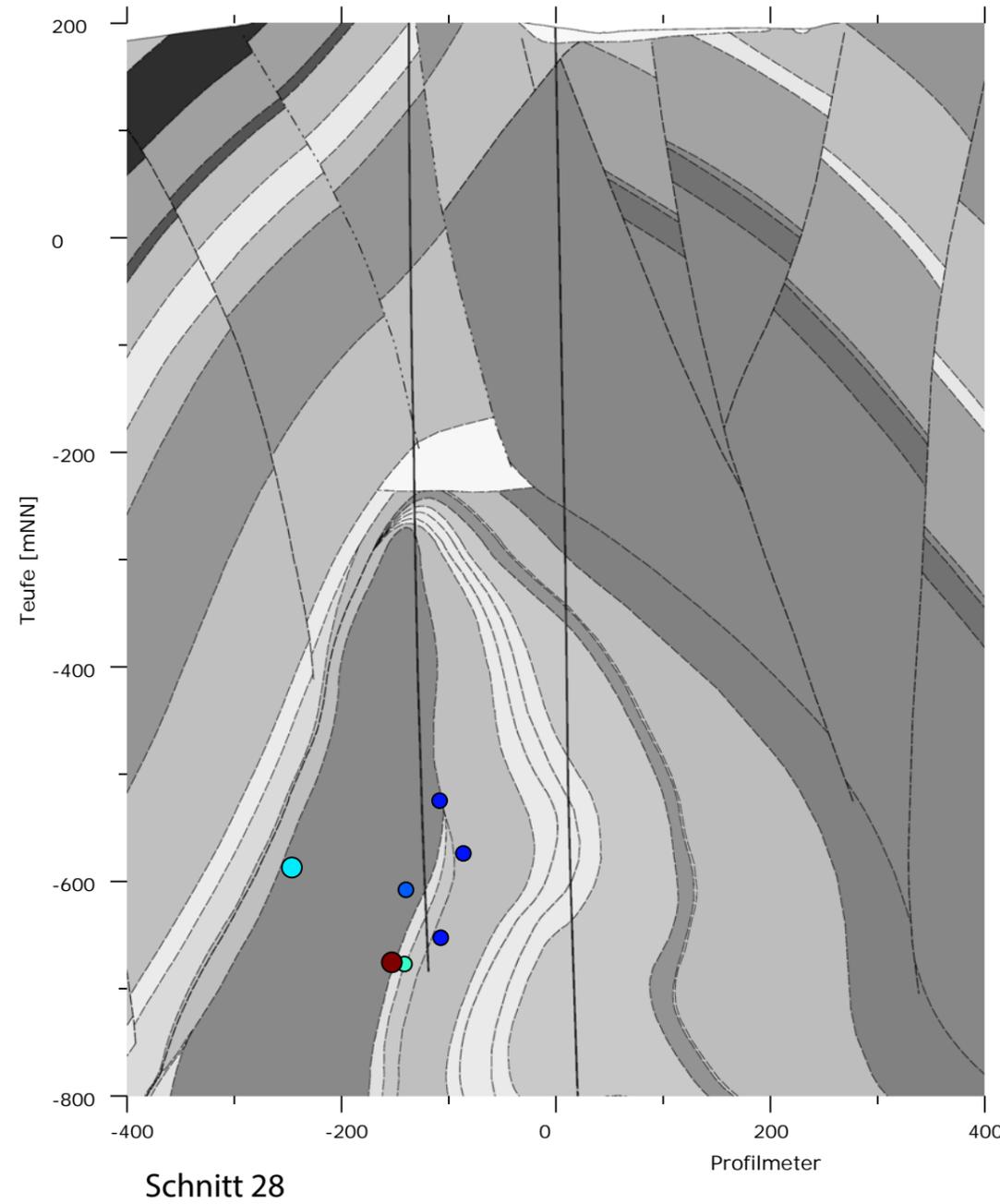
Abweichend zu den vorherigen Jahresberichten wurden hier die Ereignisse im Abstand +/- 100 m zum Schnitt, senkrecht auf den Schnitt projiziert. Verlauf der Schnittlinie siehe Anhang 5.12 auf Blatt 299.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 256

**Ereignisse weit östlich des Grubengebäudes projiziert auf einen ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitt östlich des Grubengebäudes**



Abweichend zu den vorherigen Jahresberichten wurden hier die Ereignisse im Abstand +/- 100 m zum Schnitt, senkrecht auf den Schnitt projiziert. Verlauf der Schnittlinie siehe Anhang 5.12 auf Blatt 299.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 257

### Ereignisanzahlen nach Sohlen und Magnituden im Berichtszeitraum 2020 (Betriebsruhe, manuelle Auswertung)

#### Mikroseismizität vom 01.10.2019 bis 31.12.2020, gesamter überwachter Bereich: 1863 Ereignisse (nur Betriebsruhephasen)

manuelle Auswertung mit festen Geschwindigkeiten, Magnituden aus Einzelspuren, Stand: 28.03.2021

Sohle	$M_I < -4$	$-4 \leq M_I < -3$	$-3 \leq M_I < -2$	$-2 \leq M_I < -1$	$-1 \leq M_I < 0$	$0 \leq M_I$	$M_I$ beliebig	min ( $M_I$ )	max ( $M_I$ )
<490	0	2	25	2	1	0	30	-3.5	-0.8
490	0	10	61	7	0	0	78	-3.6	-1.6
511	0	1	63	25	0	0	89	-3.1	-1.2
532	0	0	28	7	0	0	35	-2.9	-1.1
553	0	0	18	7	0	0	25	-3.0	-1.1
574	0	7	21	5	0	0	33	-3.8	-1.3
595	0	2	19	1	0	0	22	-3.4	-2.0
616	0	1	12	1	0	0	14	-3.1	-1.7
637	0	5	16	2	0	0	23	-3.7	-1.7
658	0	5	52	5	1	0	63	-3.2	-0.8
679	0	5	83	7	0	0	95	-3.5	-1.5
700	0	6	114	14	1	0	135	-3.3	-0.9
725	0	19	367	66	1	0	453	-3.5	-0.3
750	0	14	358	92	1	0	465	-3.7	-0.6
775	0	3	59	25	4	0	91	-3.2	-1.1
800	0	3	55	21	0	0	79	-3.4	-0.8
825	0	8	40	16	2	0	66	-3.7	-1.2
850	0	3	19	6	0	0	28	-3.2	-1.2
875	0	0	6	7	0	0	13	-2.6	-1.4
900	0	0	5	7	0	0	12	-2.6	-1.1
925	0	0	1	1	0	0	2	-2.1	-1.4
950	0	0	1	1	0	0	2	-2.7	-1.9
975	0	0	0	2	0	0	2	-1.6	-1.6
gesamt	0	94	1370	335	11	0	1863	-3.9	-0.3

Die tabellierten Ereignisanzahlen wurden nicht auf die Gesamtzeit hochgerechnet. Da der Anteil der Betriebsruhe an der Gesamtzeit etwa 26% beträgt (Anhang 5.3 auf Blatt 247), wären die Ereignisanzahlen für die Gesamtzeit mehr als vier Mal so groß.

**Anhang 5.6: Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität im gesamten überwachten Bereich (Automatik)**

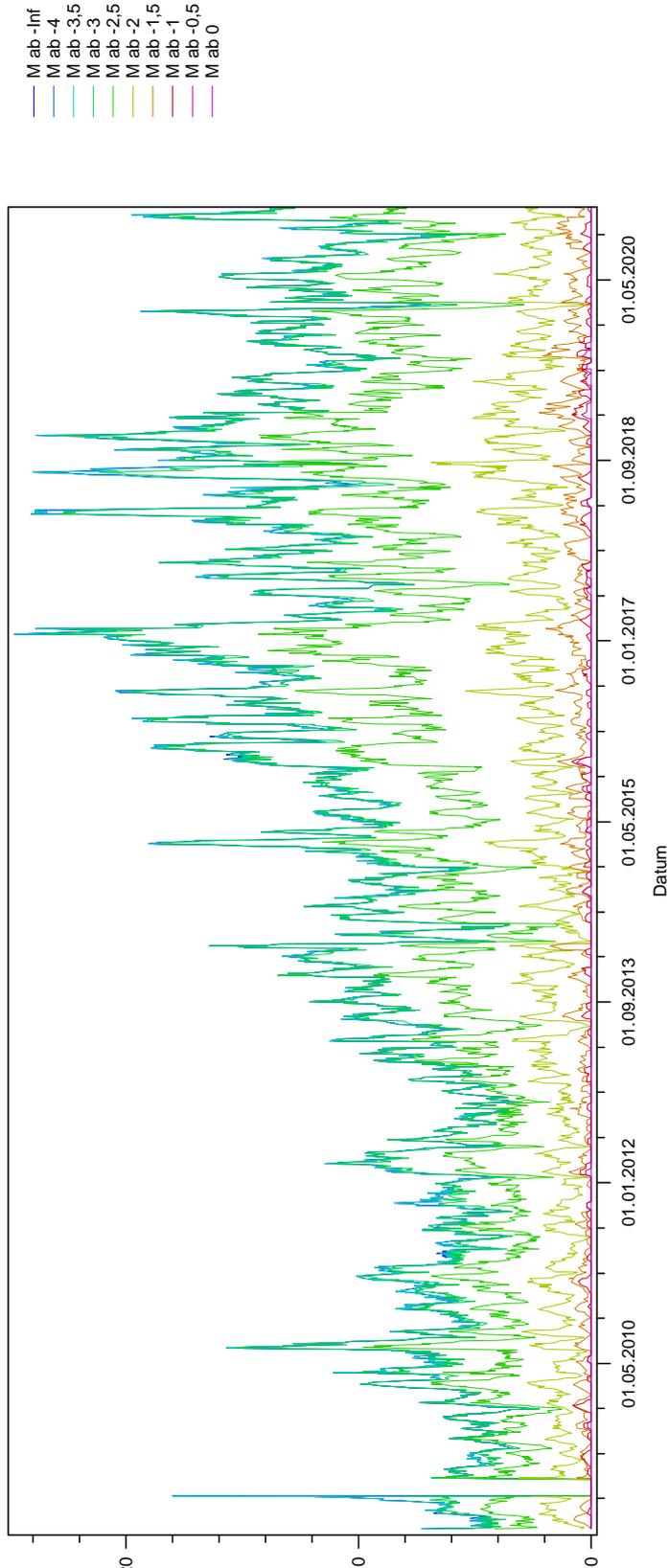


Bild 13: Über drei Wochen gemittelte Ereignisrate hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 12/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 259

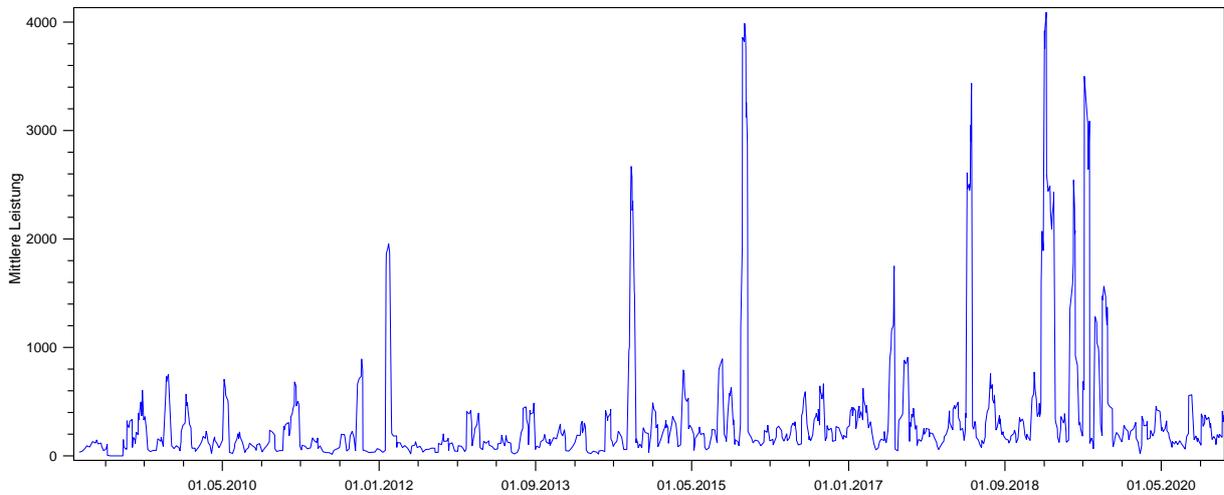


Bild 14: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 12/2020.

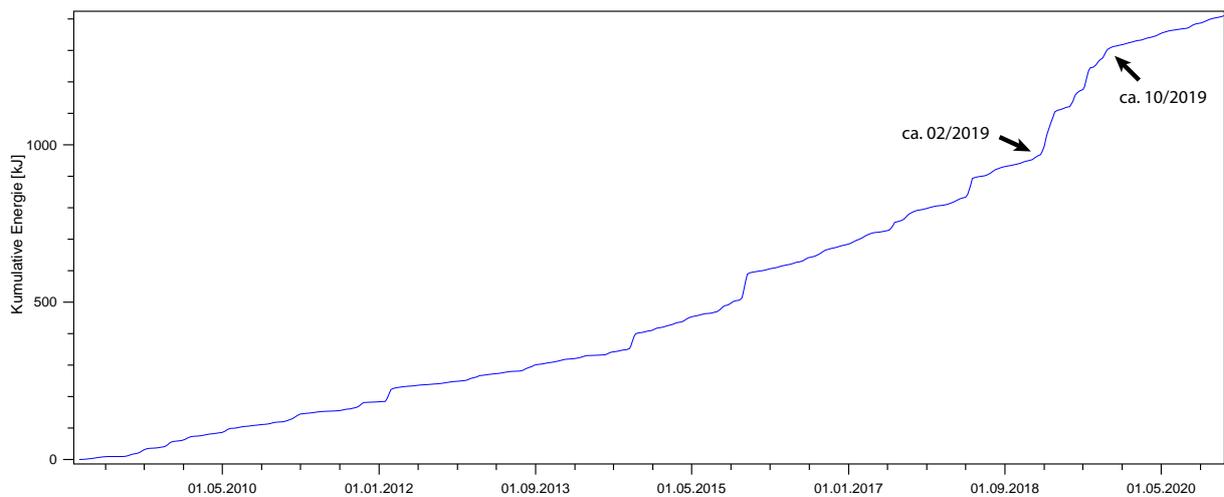


Bild 15: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 14) berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 12/2020.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

KQM\_Textblatt\_REV11\_Stand-2018-04-16

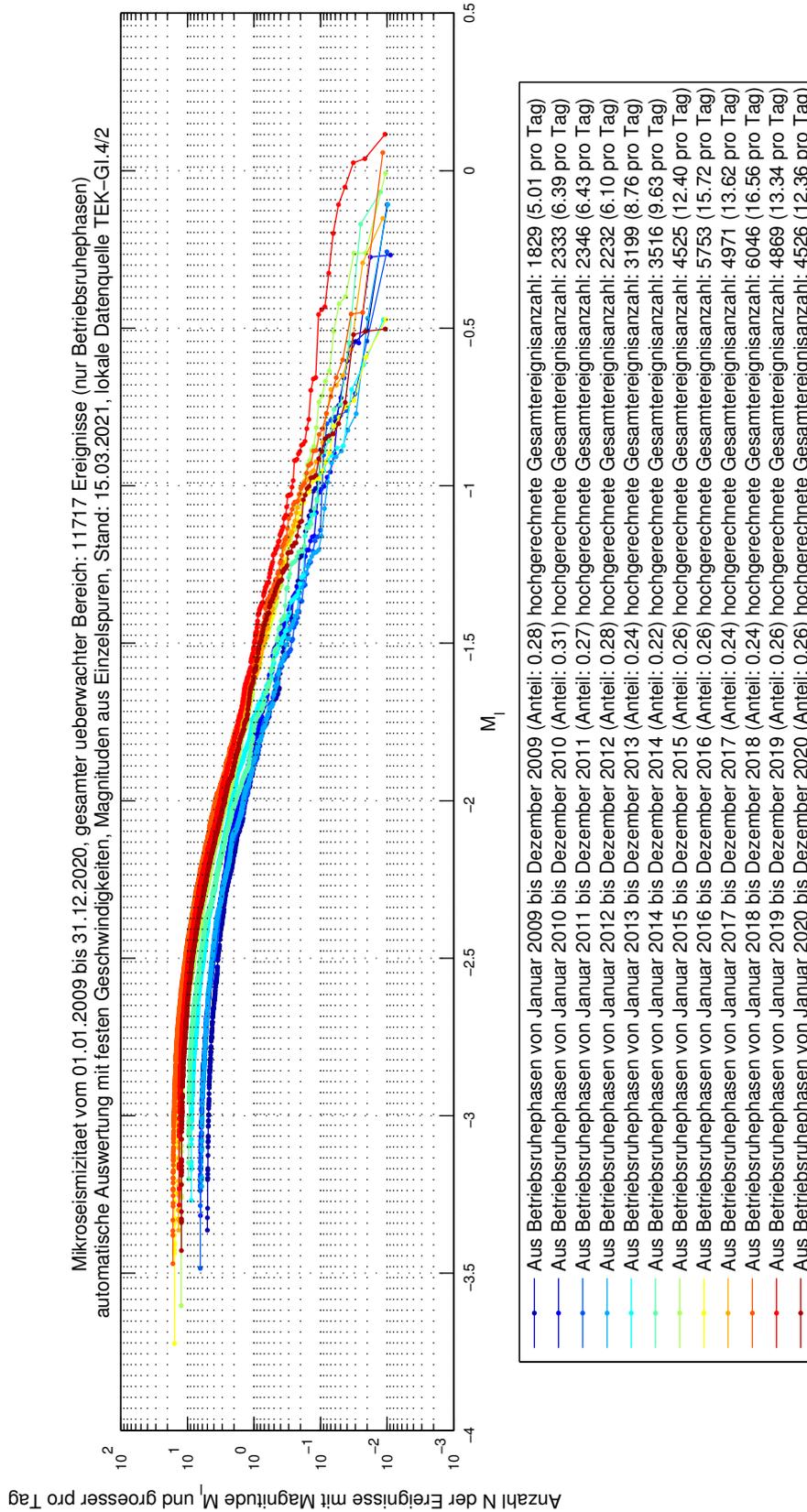


Bild 16: Aus Ereignissen während der Betriebsruhephasen hochgerechnete Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen (Automatik) für die Berichtszeiträume 2009 bis 2020 (01/2009–12/2020) für den gesamten überwachten Bereich.

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 261

### Anhang 5.7: Zeitliche Entwicklung der mittleren mikroseismischen Aktivität ohne die Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 (Automatik)

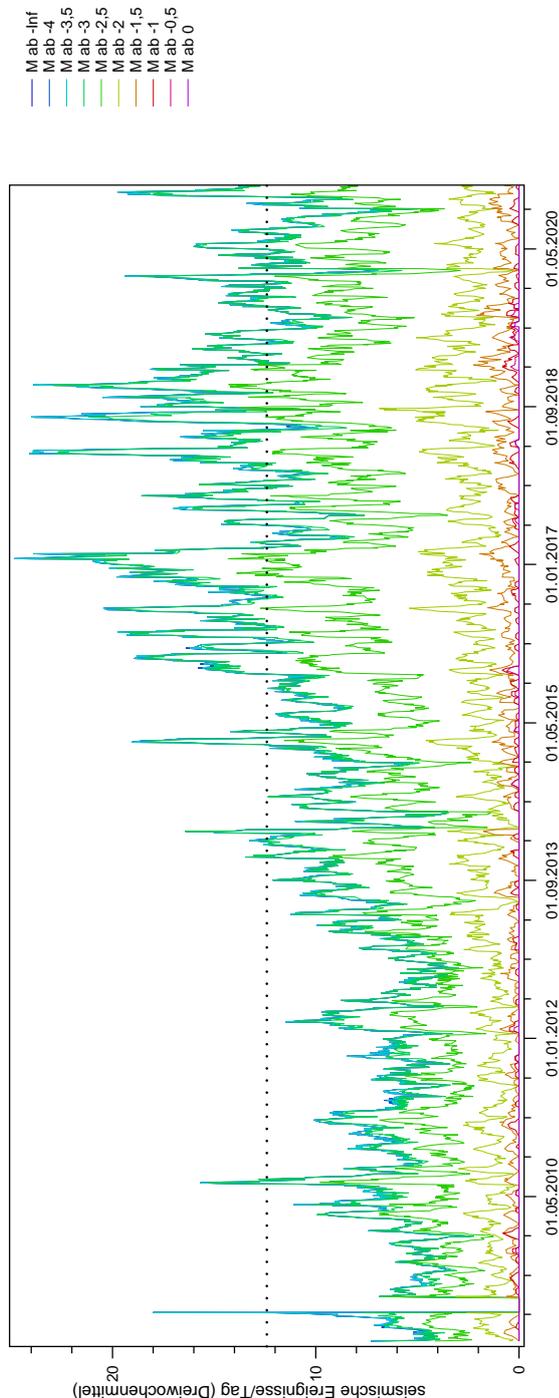
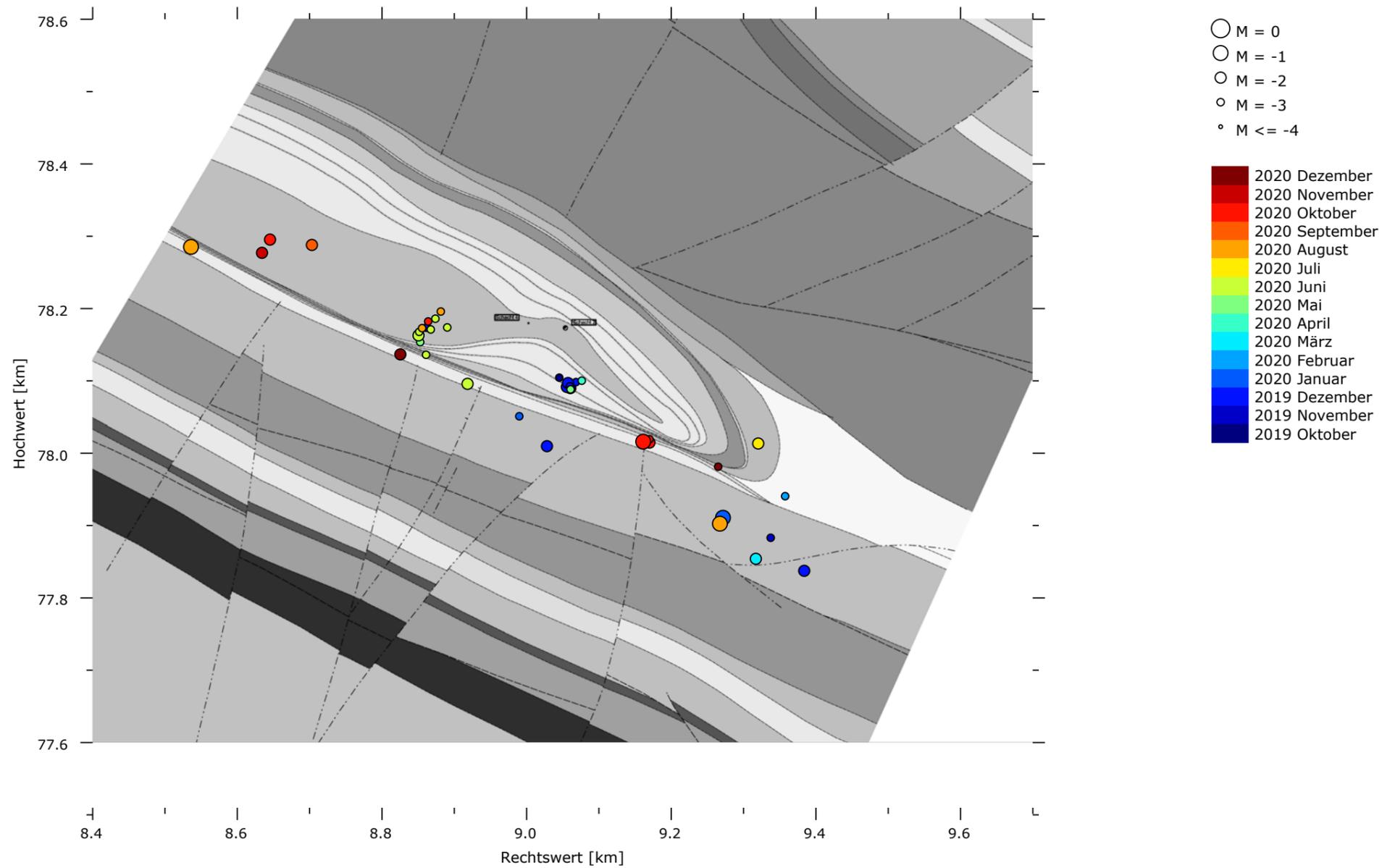


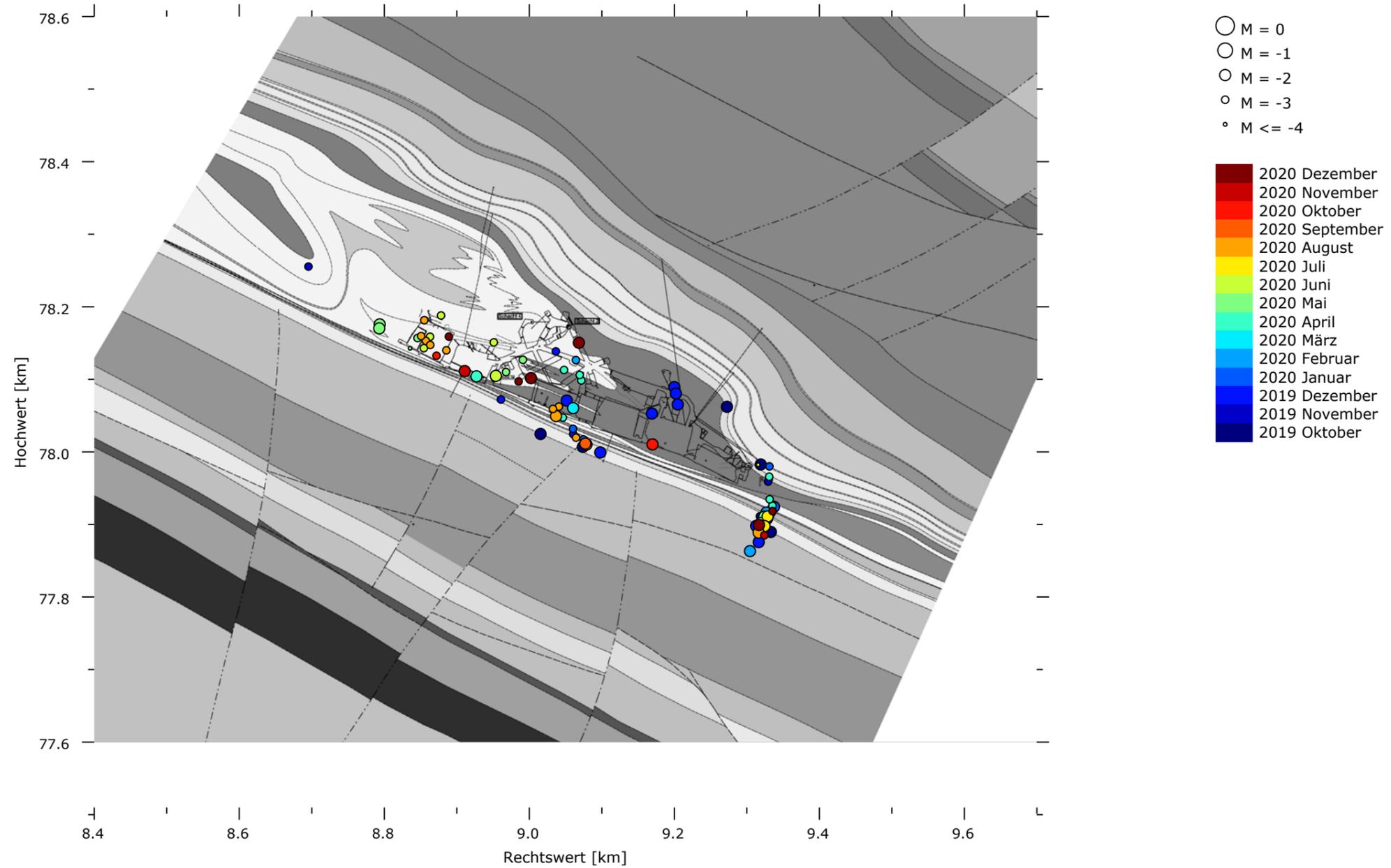
Bild 17: Dreiwochenmittel der Ereignisrate ohne die Cluster bei der ELK 4/750 und der ELK 6/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 12/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden. — Die gepunktete, schwarze, horizontale Linie ist die (nicht mehr gültige) Meldeschwelle bezüglich der mikroseismischen Ereignisrate im Rahmen der Überwachung der FSV (vgl. [30] bzw. Abschnitt 2.4.4.6 auf Blatt 44).

**Anhang 5.8: Sohlenweise Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse in Betriebsruhephasen von Oktober 2019 bis Dezember 2020 (Manuelle Auswertung)**

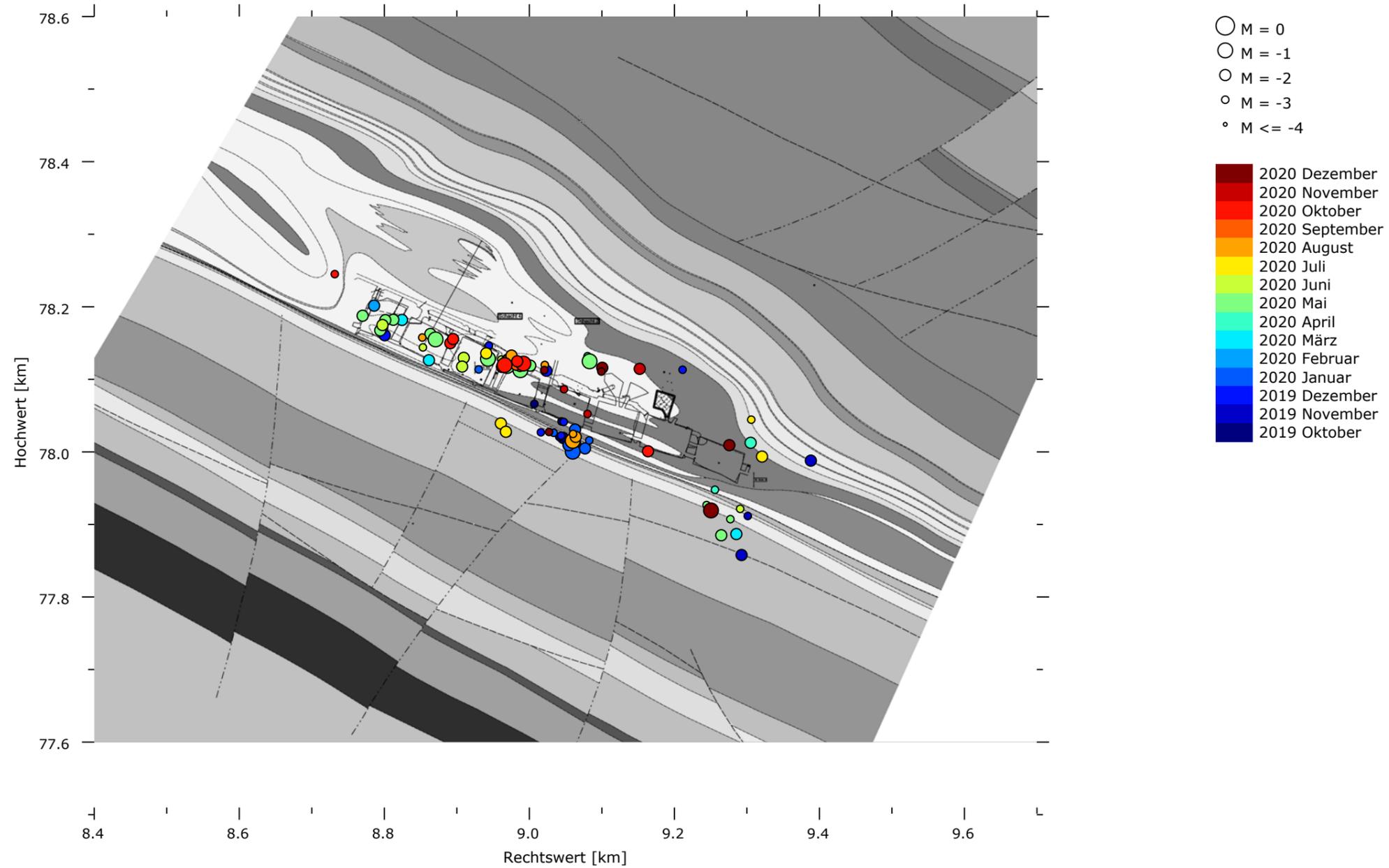
**Mikroseismizität oberhalb des Grubengebäudes (oberhalb von -282,5 m NN)**



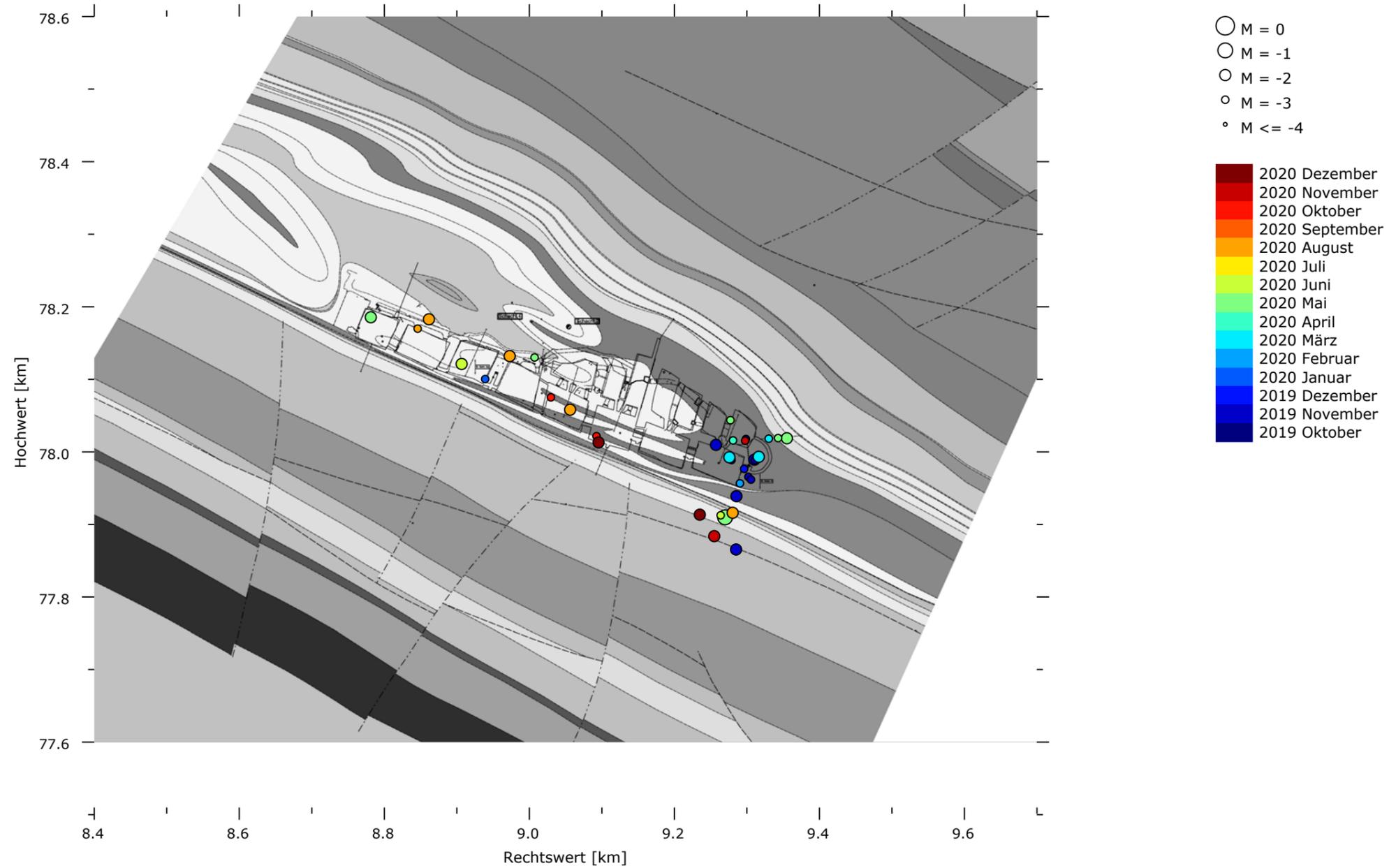
**Mikroseismizität im Bereich der 490-m-Sohle (-282,5 m NN bis -303,5 m NN)**



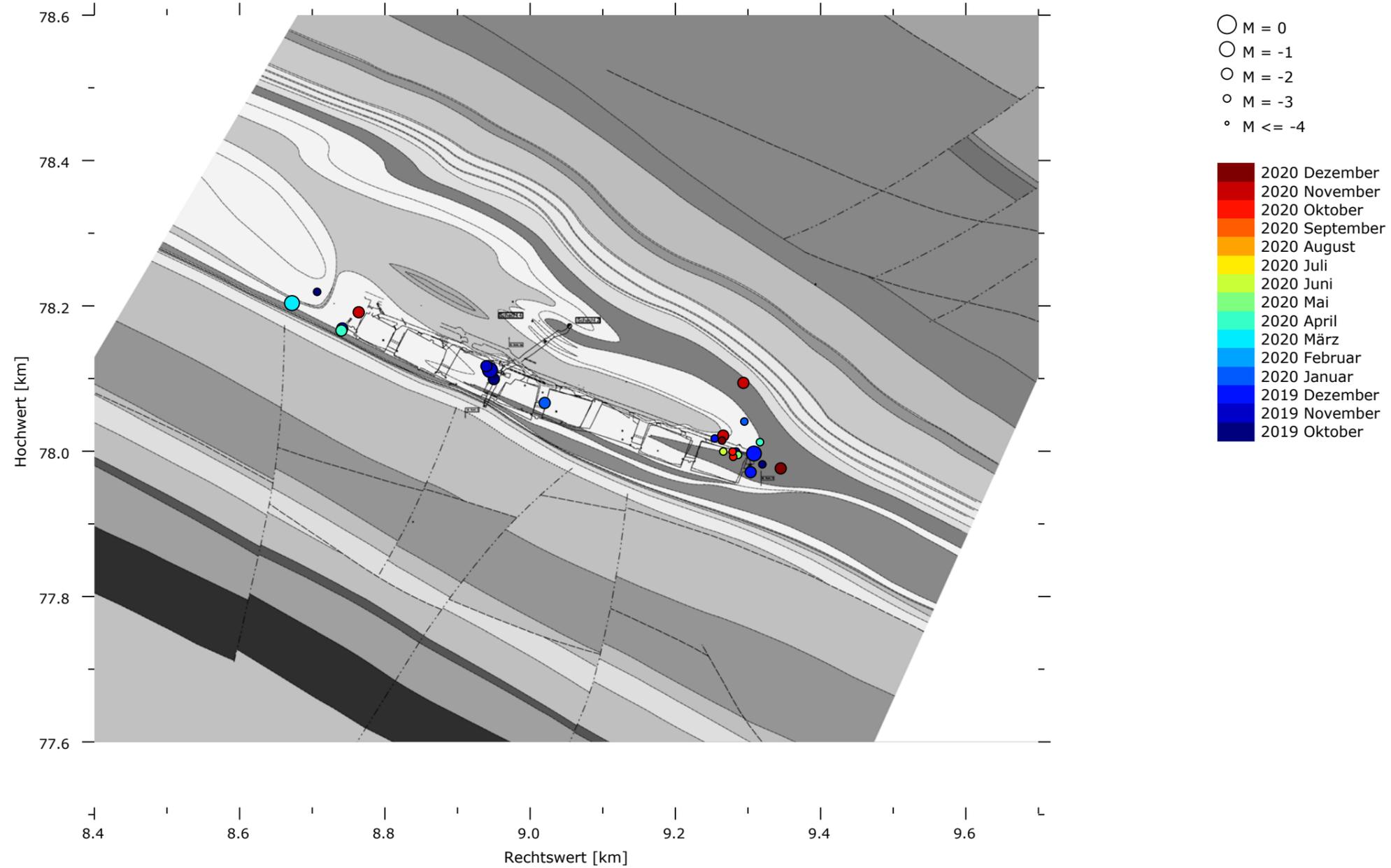
**Mikroseismizität im Bereich der 511-m-Sohle (-303,5 m NN bis -324,5 m NN)**



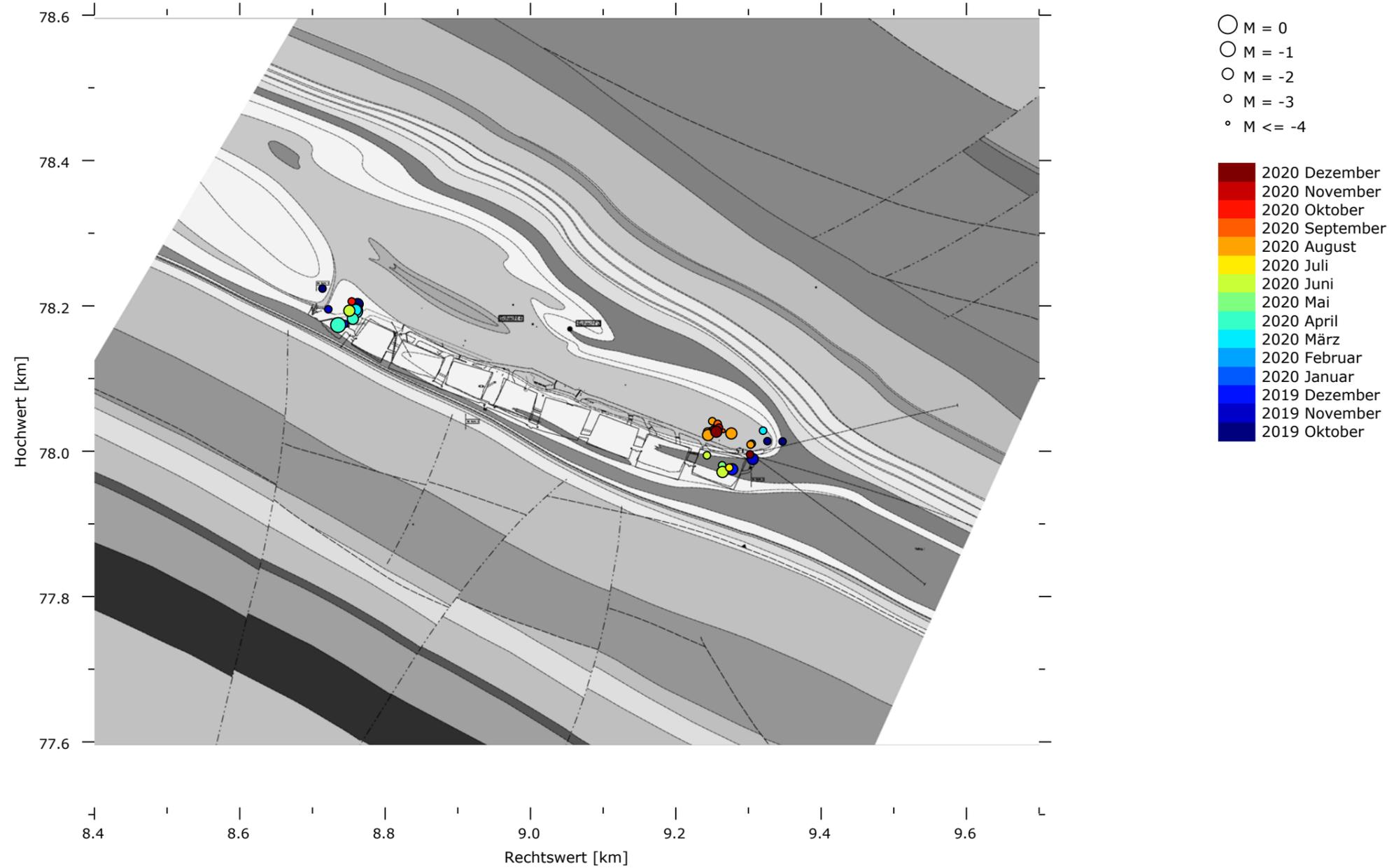
**Mikroseismizität im Bereich der 532-m-Sohle (-324,5 m NN bis -345,5 m NN)**



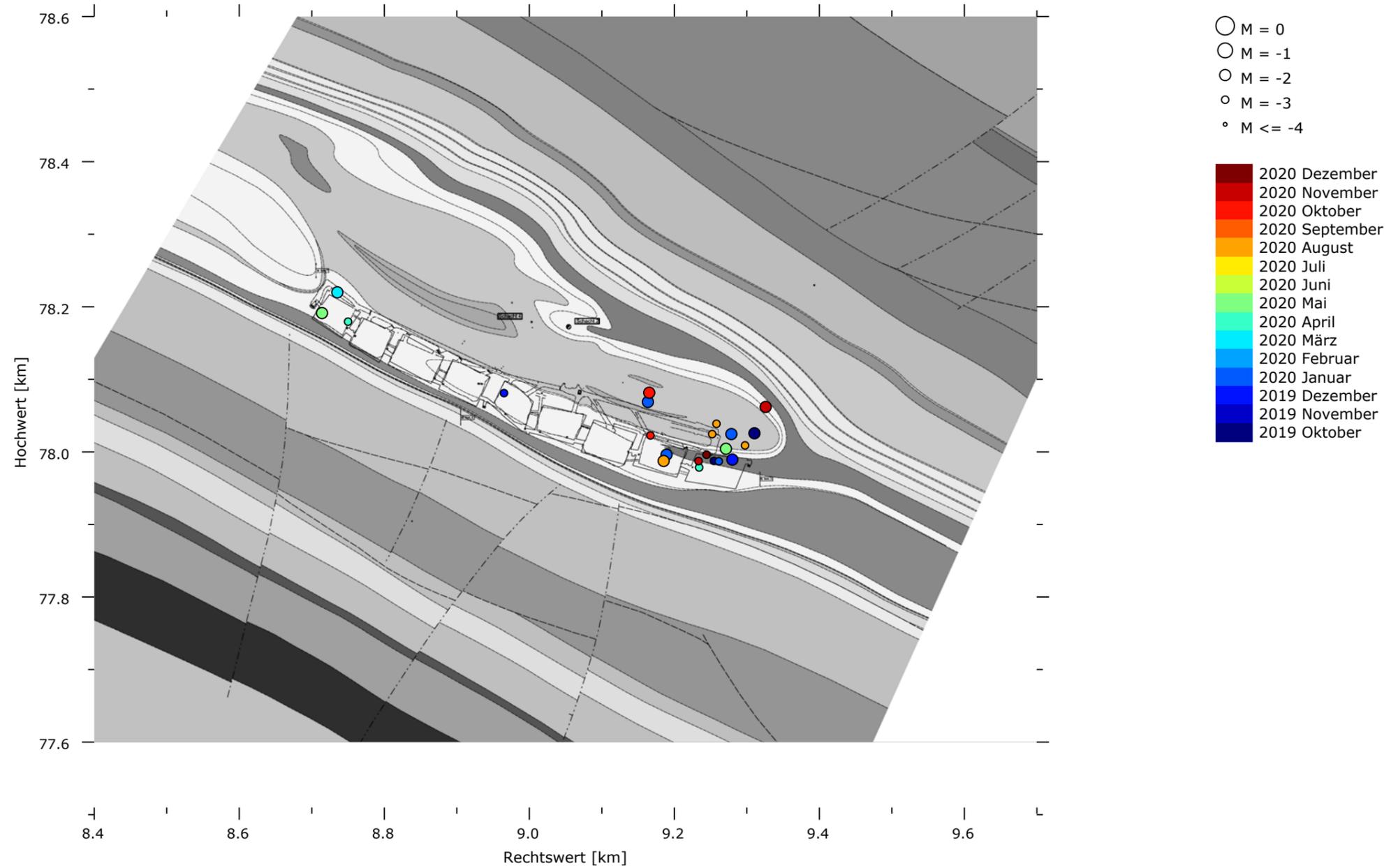
**Mikroseismizität im Bereich der 553-m-Sohle (-345,5 m NN bis -366,5 m NN)**



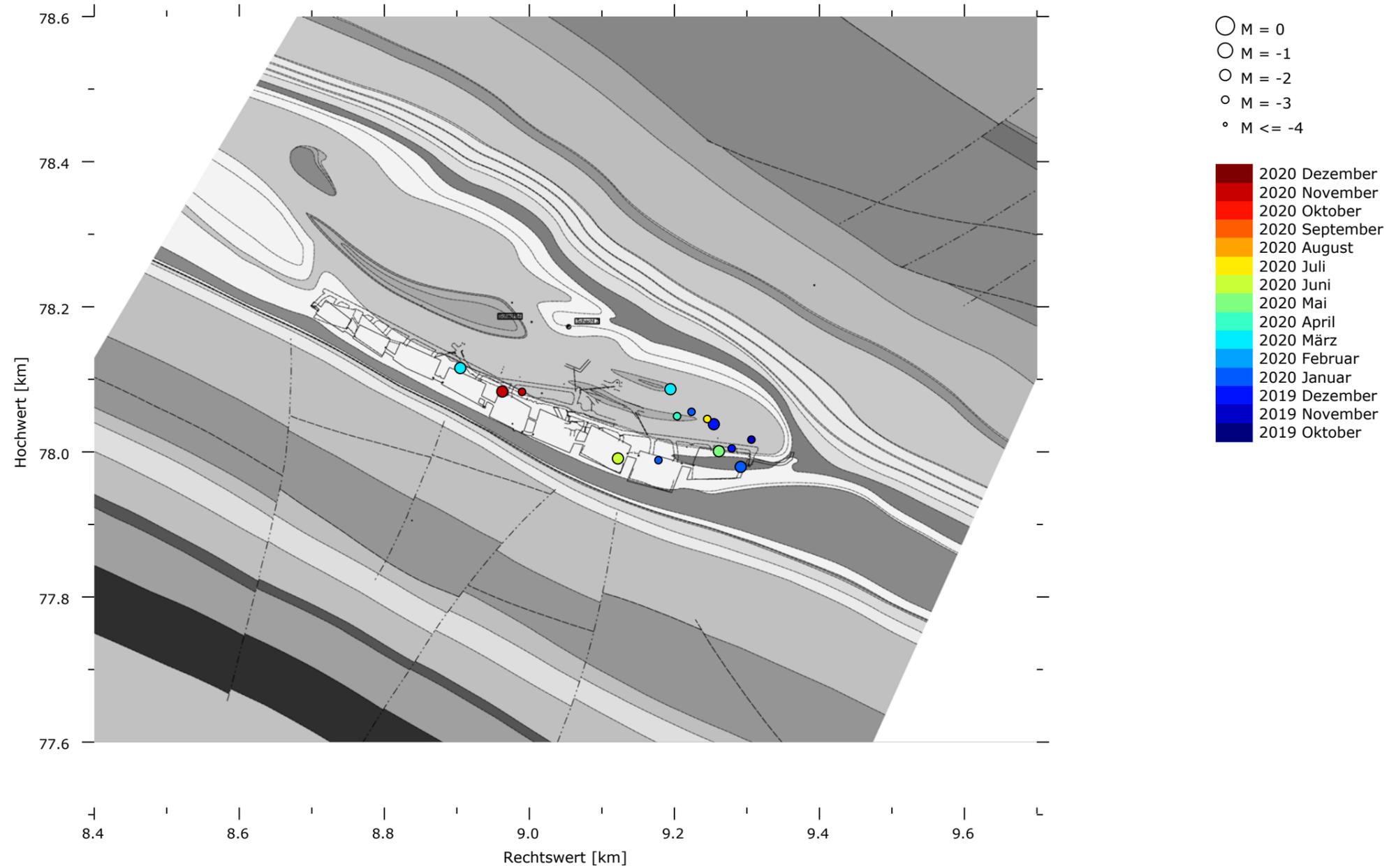
**Mikroseismizität im Bereich der 574-m-Sohle (-366,5 m NN bis -387,5 m NN)**



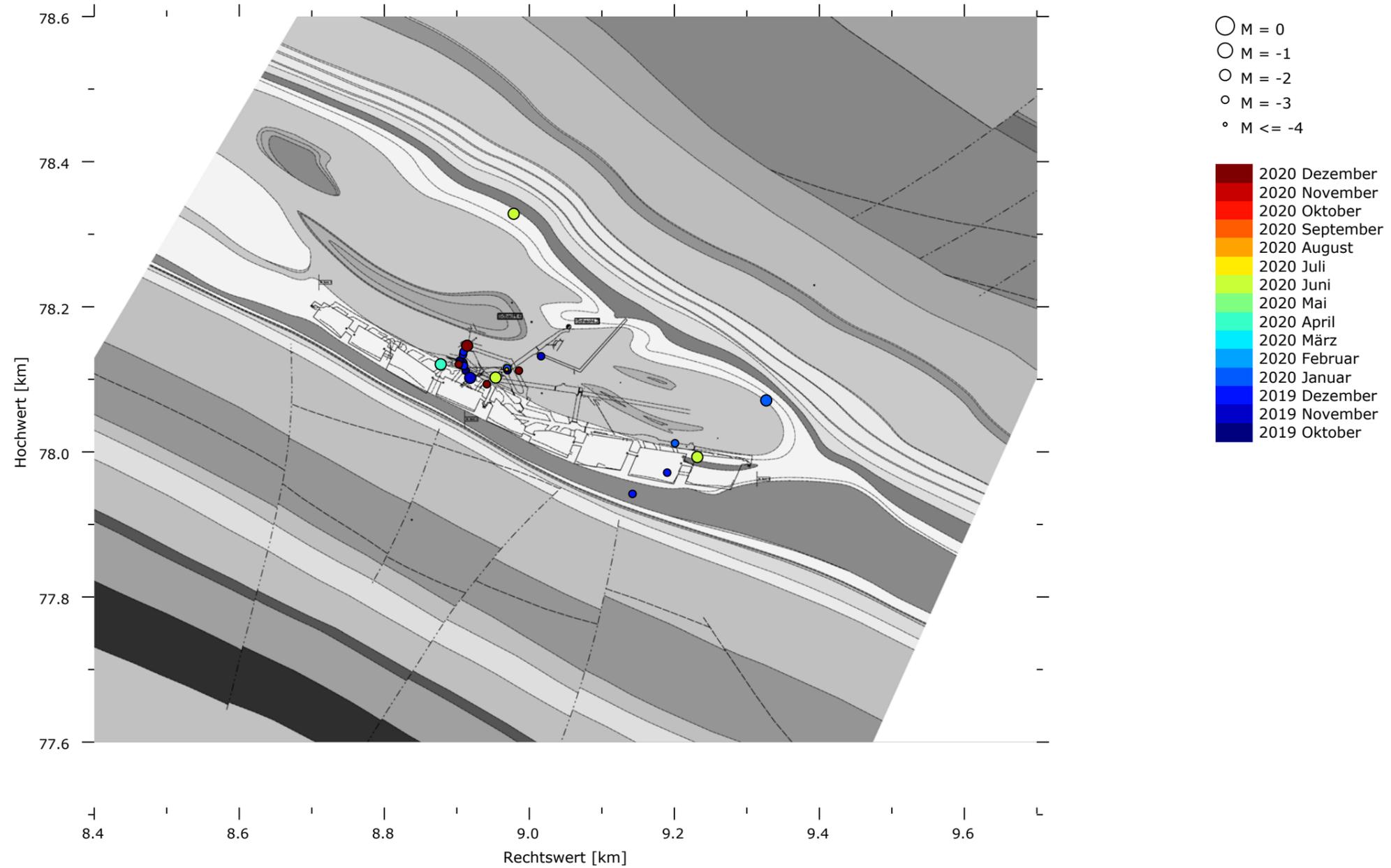
**Mikroseismizität im Bereich der 595-m-Sohle (-387,5 m NN bis -408,5 m NN)**



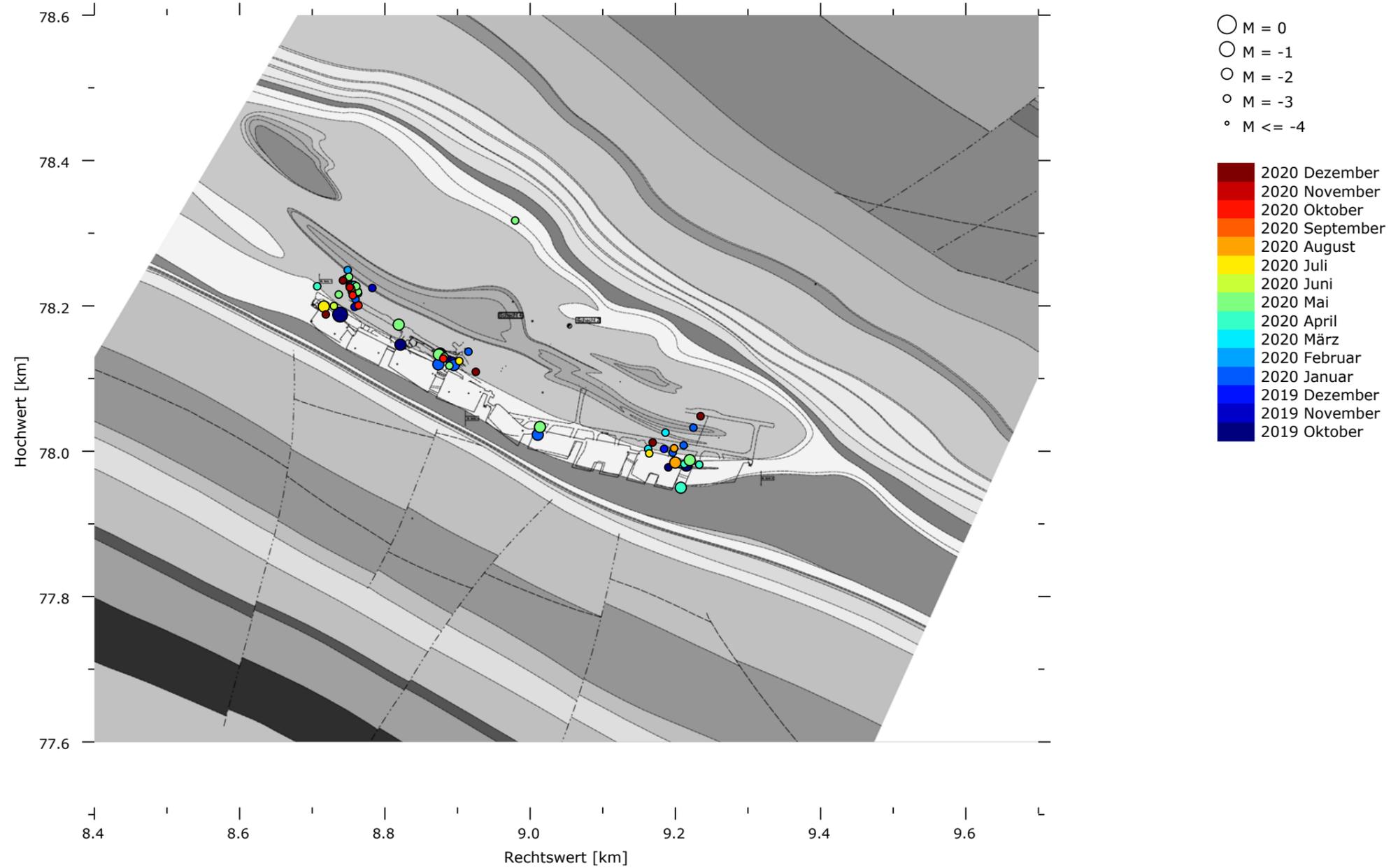
**Mikroseismizität im Bereich der 616-m-Sohle (-408,5 m NN bis -429,5 m NN)**



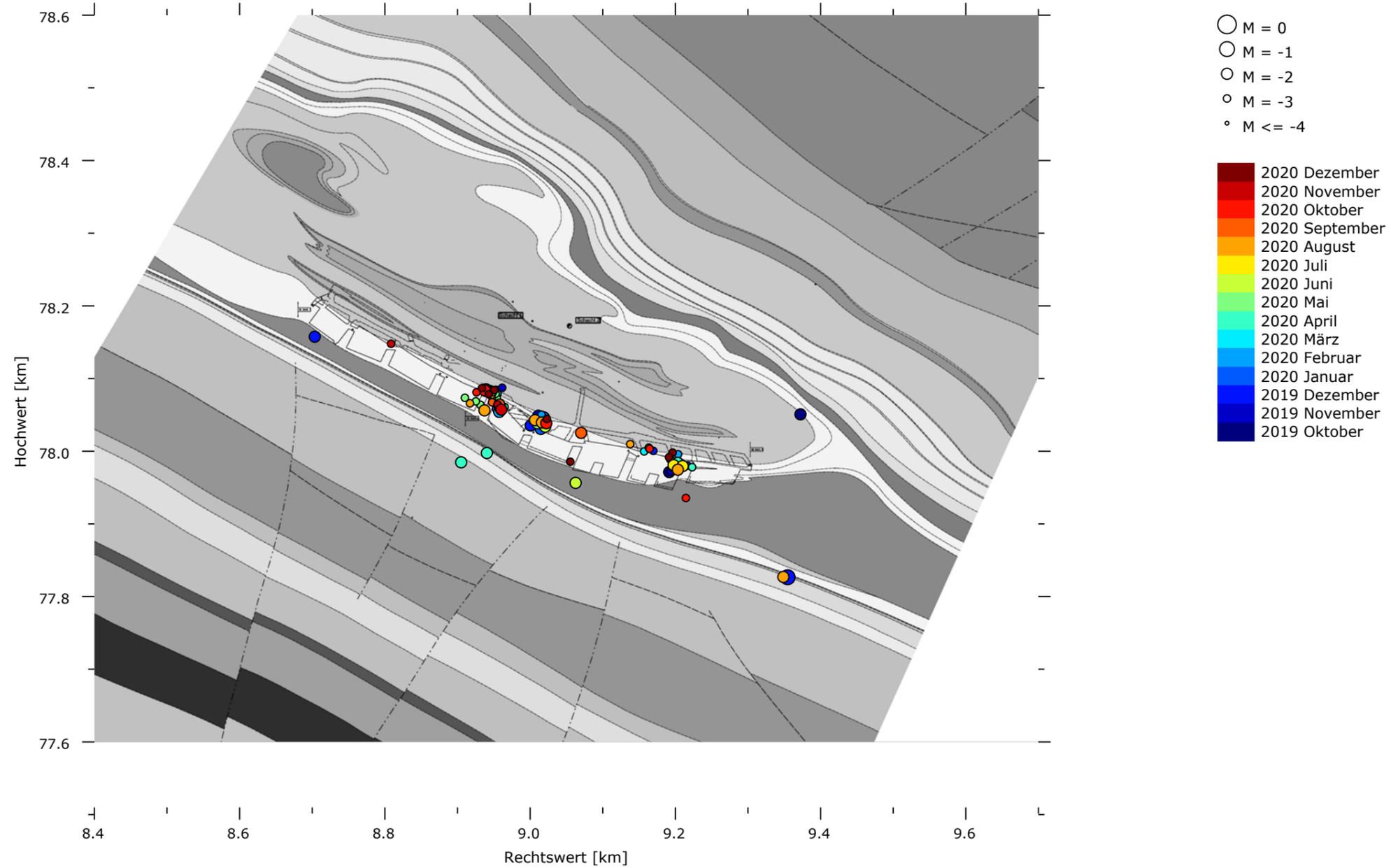
**Mikroseismizität im Bereich der 637-m-Sohle (-429,5 m NN bis -450,5 m NN)**



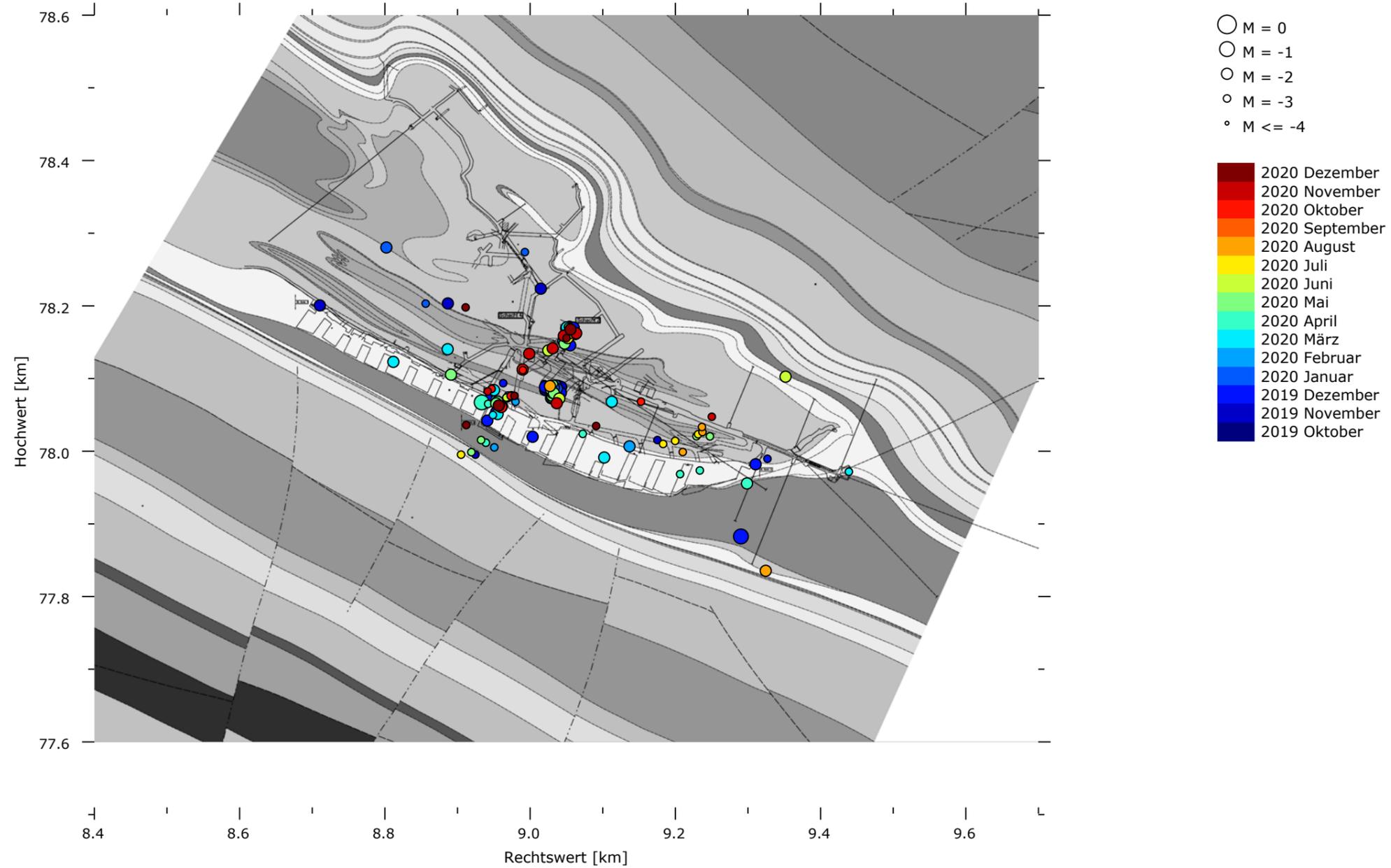
**Mikroseismizität im Bereich der 658-m-Sohle (-450,5 m NN bis -471,5 m NN)**



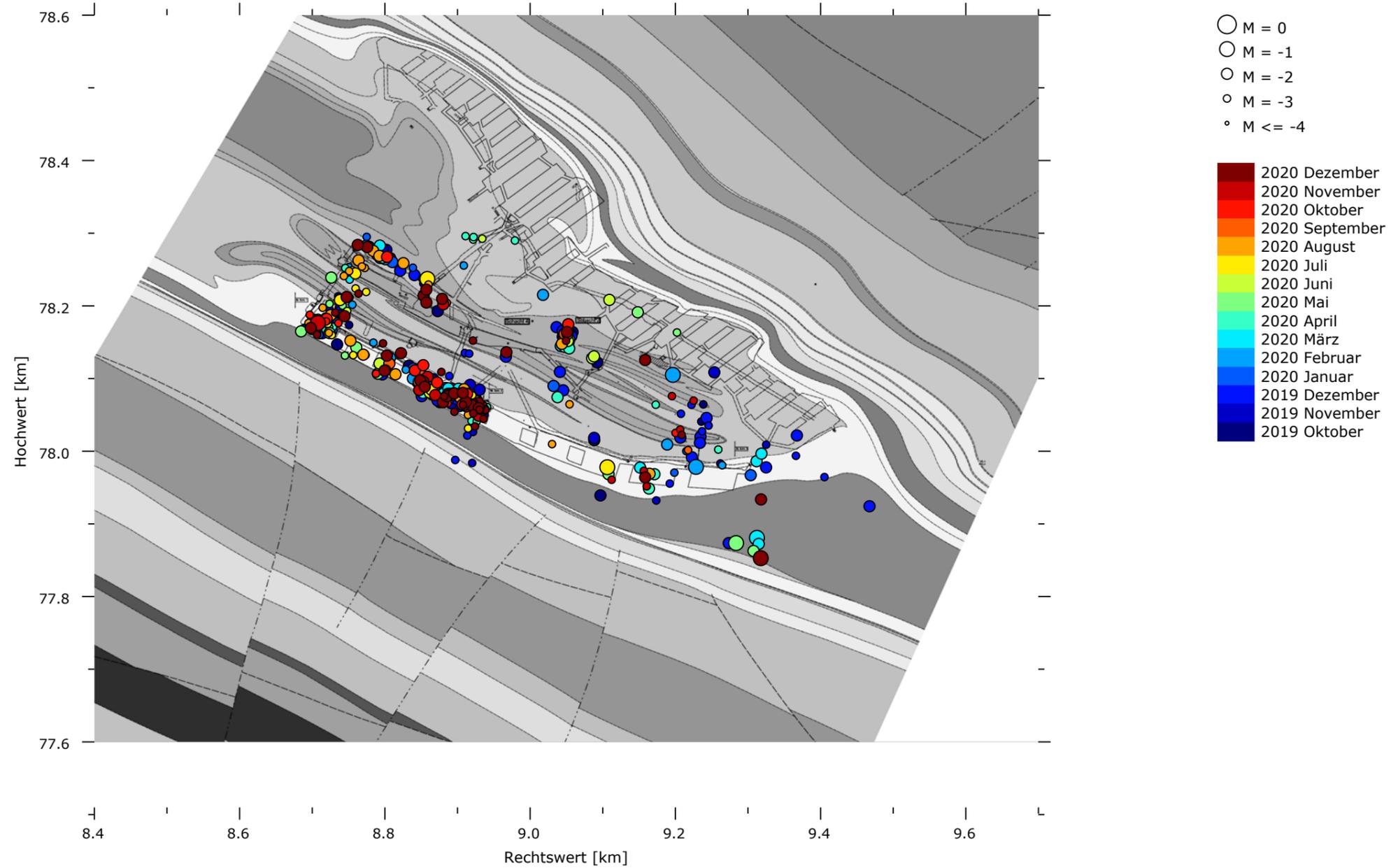
**Mikroseismizität im Bereich der 679-m-Sohle (-471,5 m NN bis -492,5 m NN)**



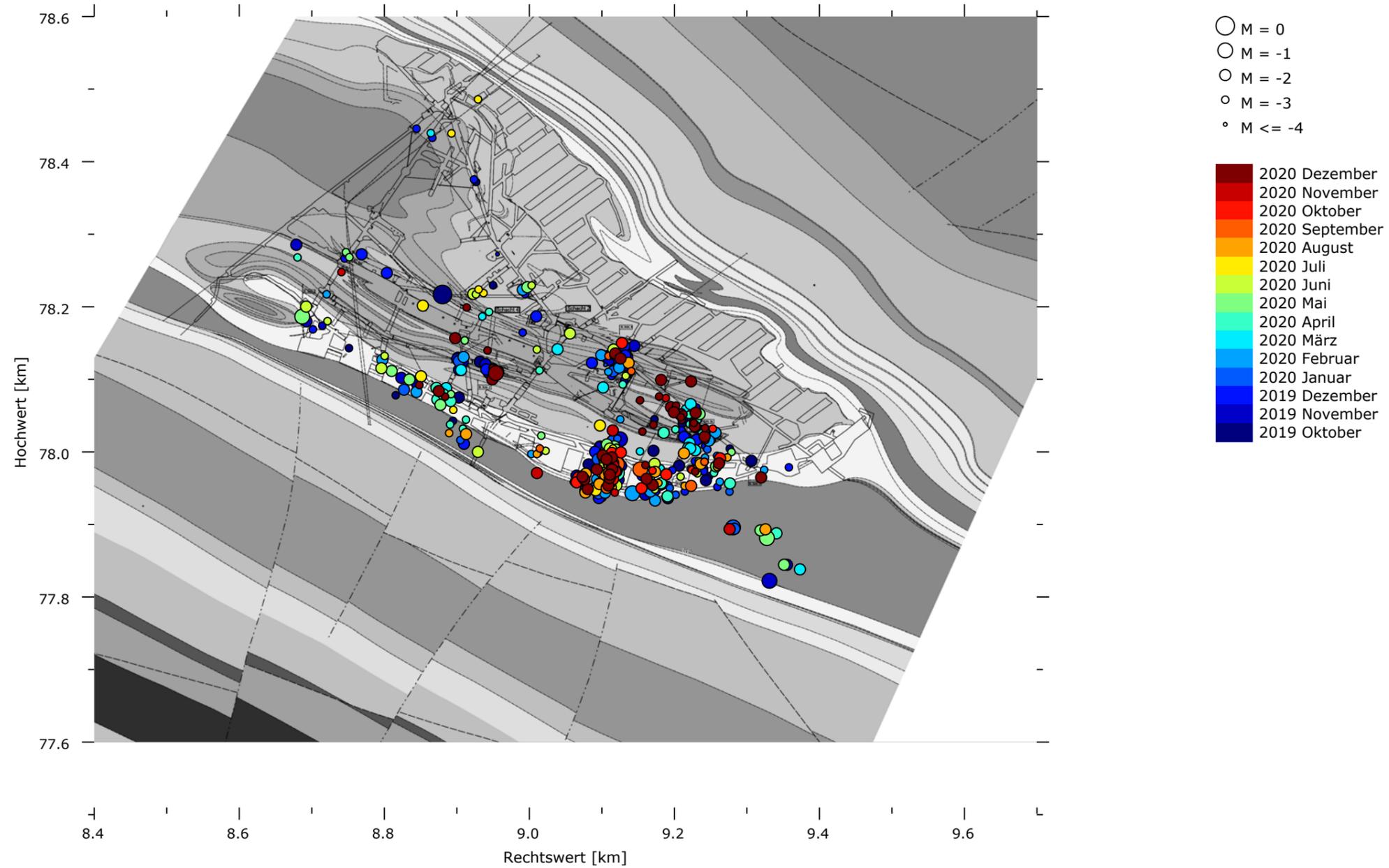
**Mikroseismizität im Bereich der 700-m-Sohle (-492,5 m NN bis -513,5 m NN)**



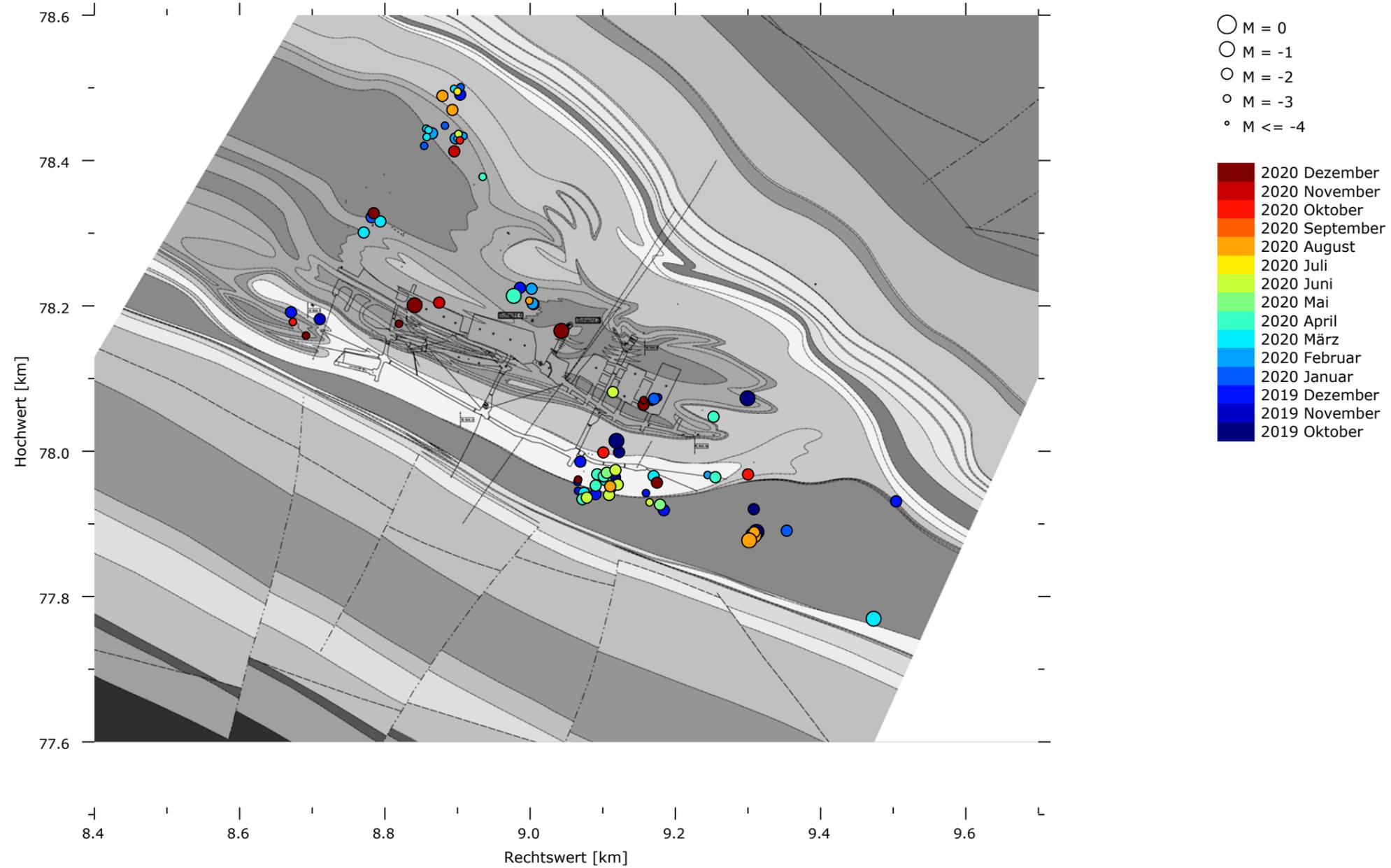
**Mikroseismizität im Bereich der 725-m-Sohle (-513,5 m NN bis -543,0 m NN)**



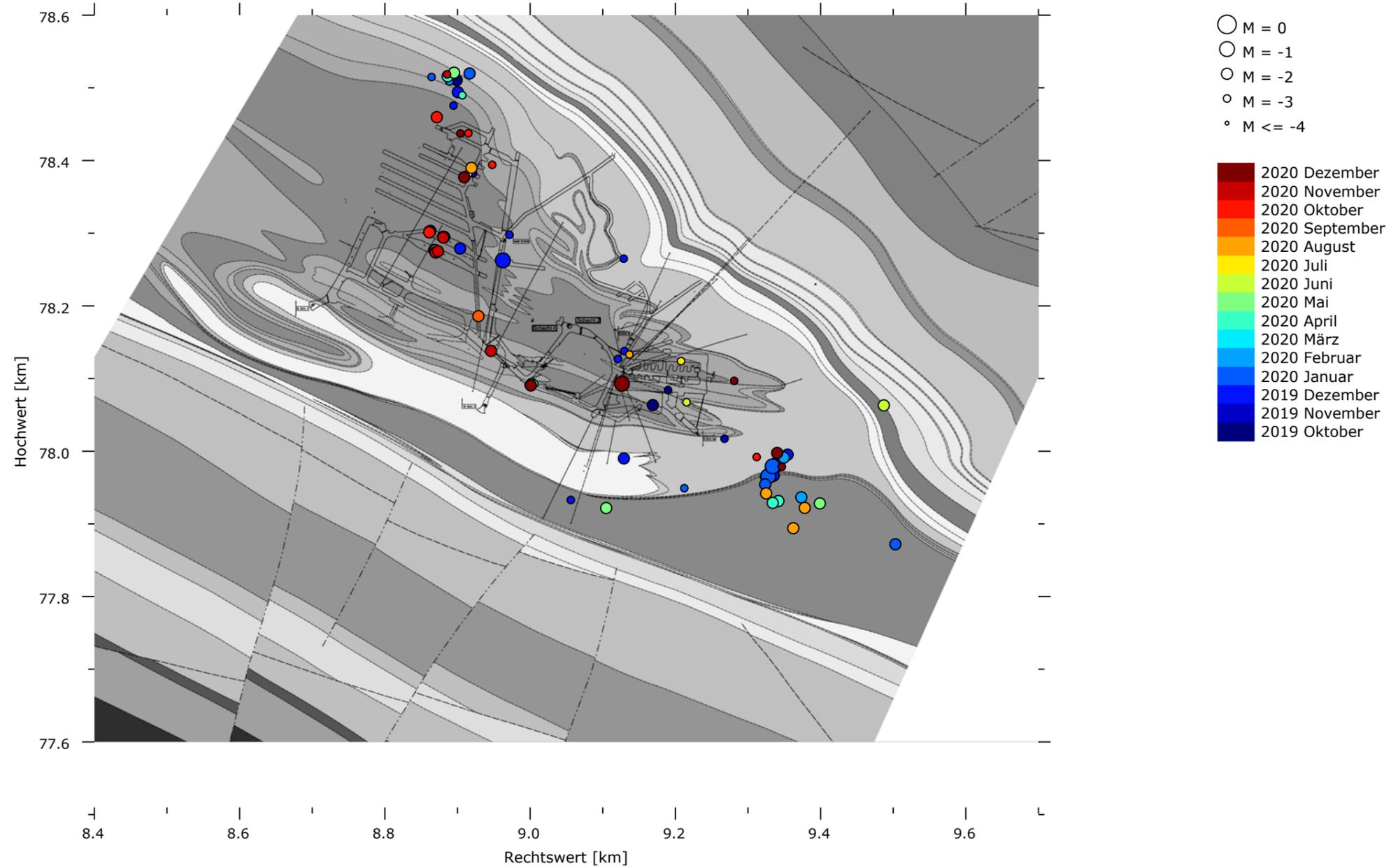
**Mikroseismizität im Bereich der 750-m-Sohle (-543,0 m NN bis -568,0 m NN)**



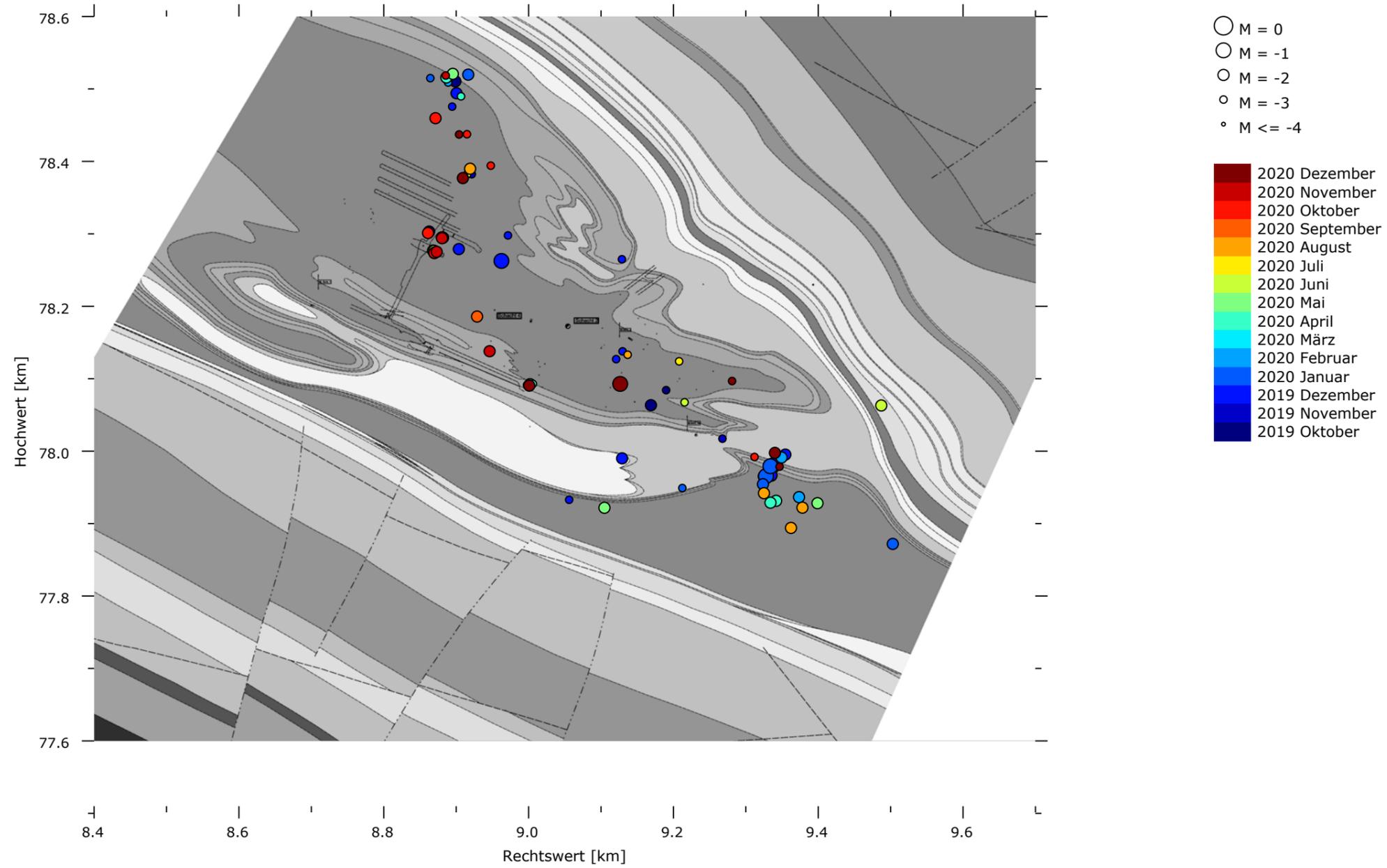
**Mikroseismizität im Bereich der 775-m-Sohle (-568,0 m NN bis -593,0 m NN)**



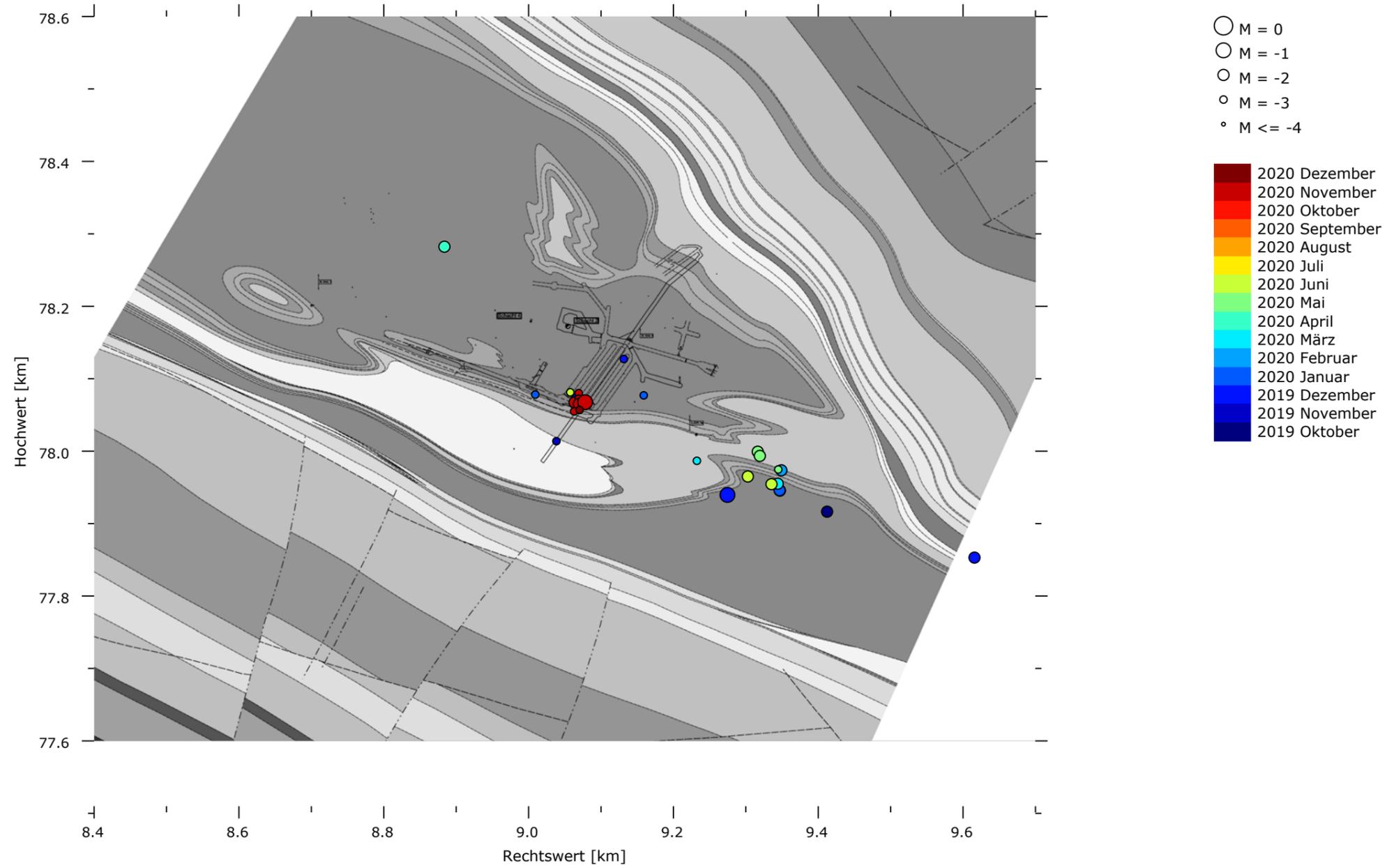
**Mikroseismizität im Bereich der 800-m-Sohle (-593,0 m NN bis -618,0 m NN)**



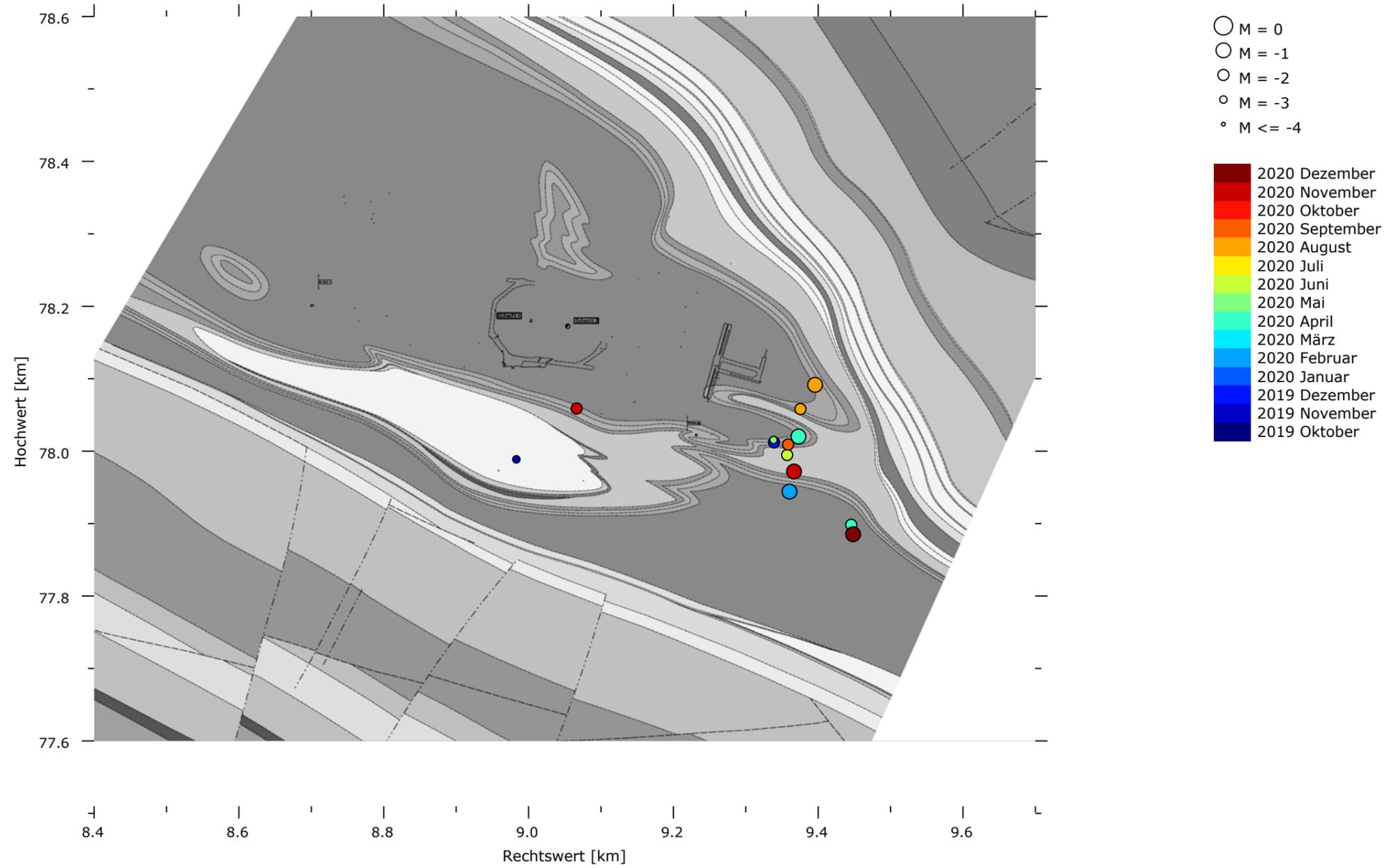
**Mikroseismizität im Bereich der 825-m-Sohle (-618,0 m NN bis -643,0 m NN)**



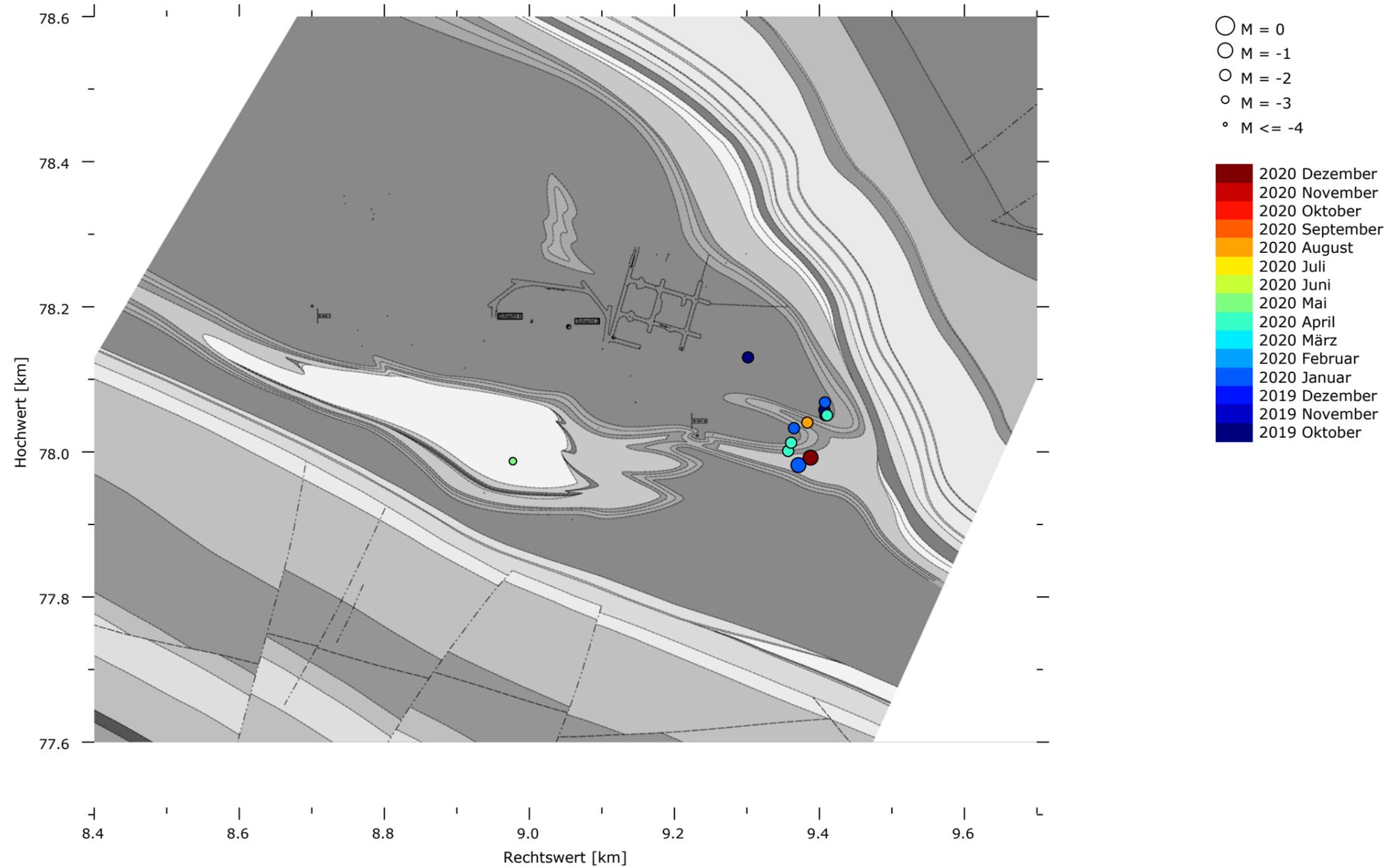
**Mikroseismizität im Bereich der 850-m-Sohle (-643,0 m NN bis -668,0 m NN)**



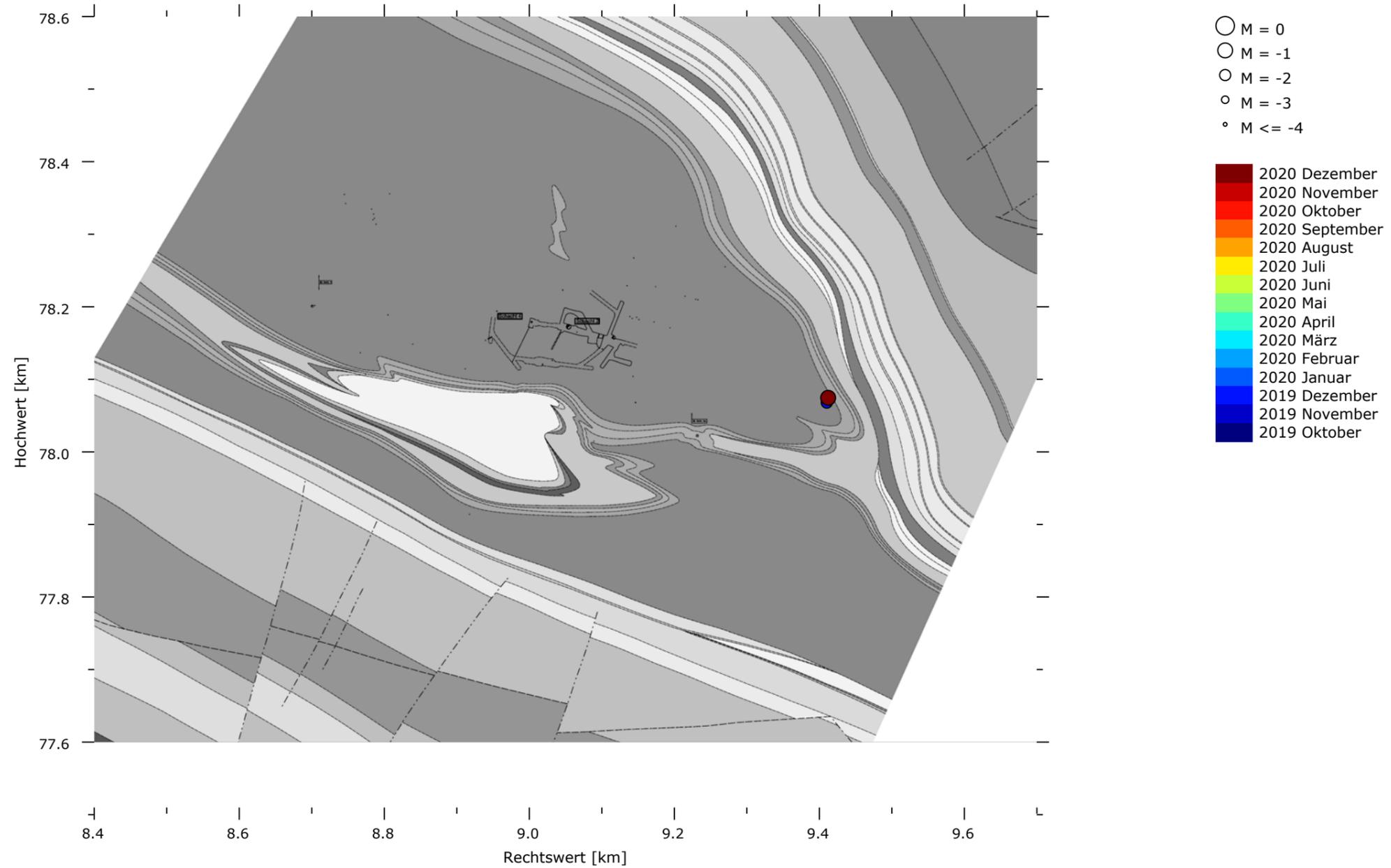
**Mikroseismizität im Bereich der 875-m-Sohle (-668,0 m NN bis -693,0 m NN)**



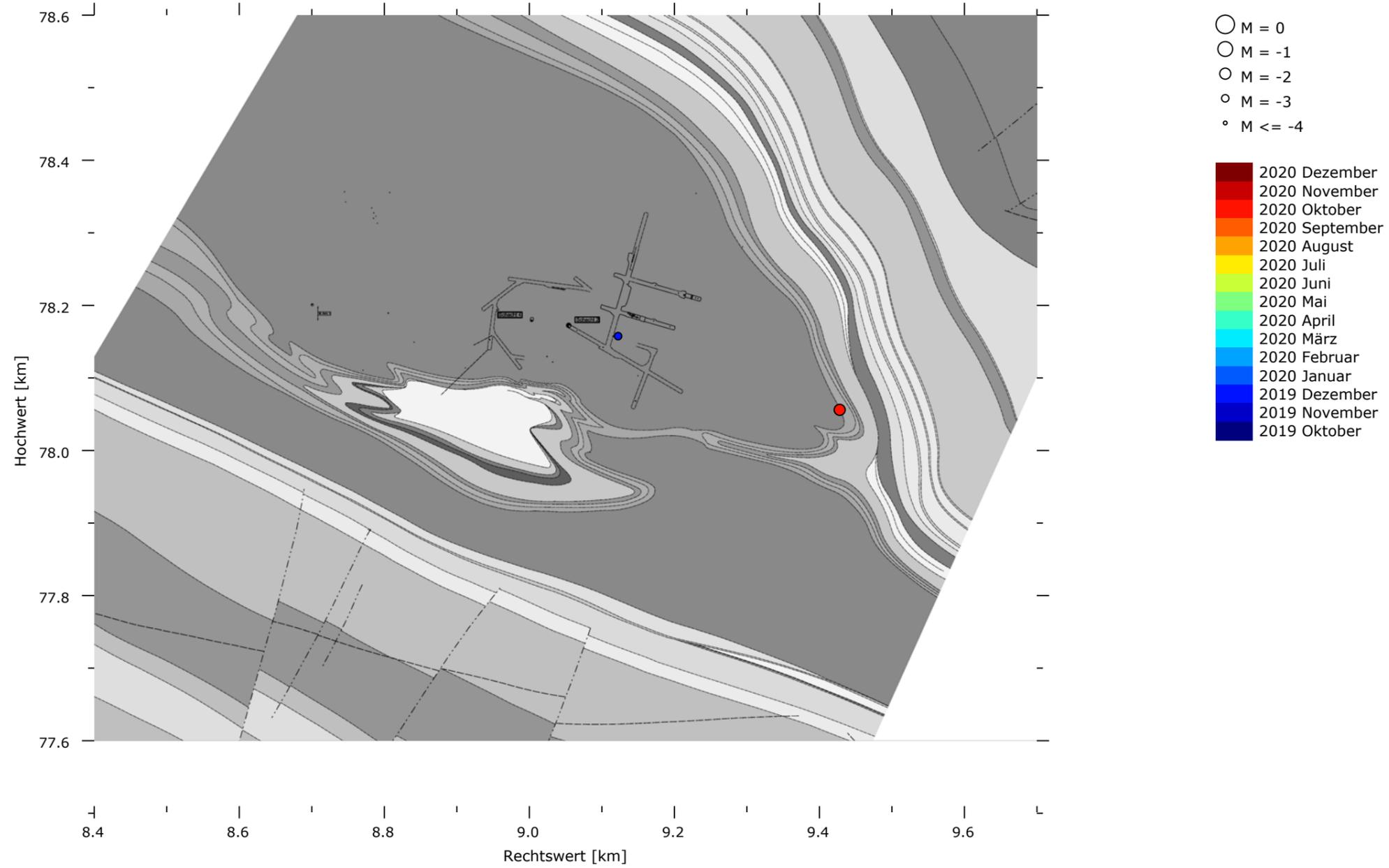
**Mikroseismizität im Bereich der 900-m-Sohle (-693,0 m NN bis -718,0 m NN)**



**Mikroseismizität im Bereich der 925-m-Sohle (-718,0 m NN bis -743,0 m NN)**

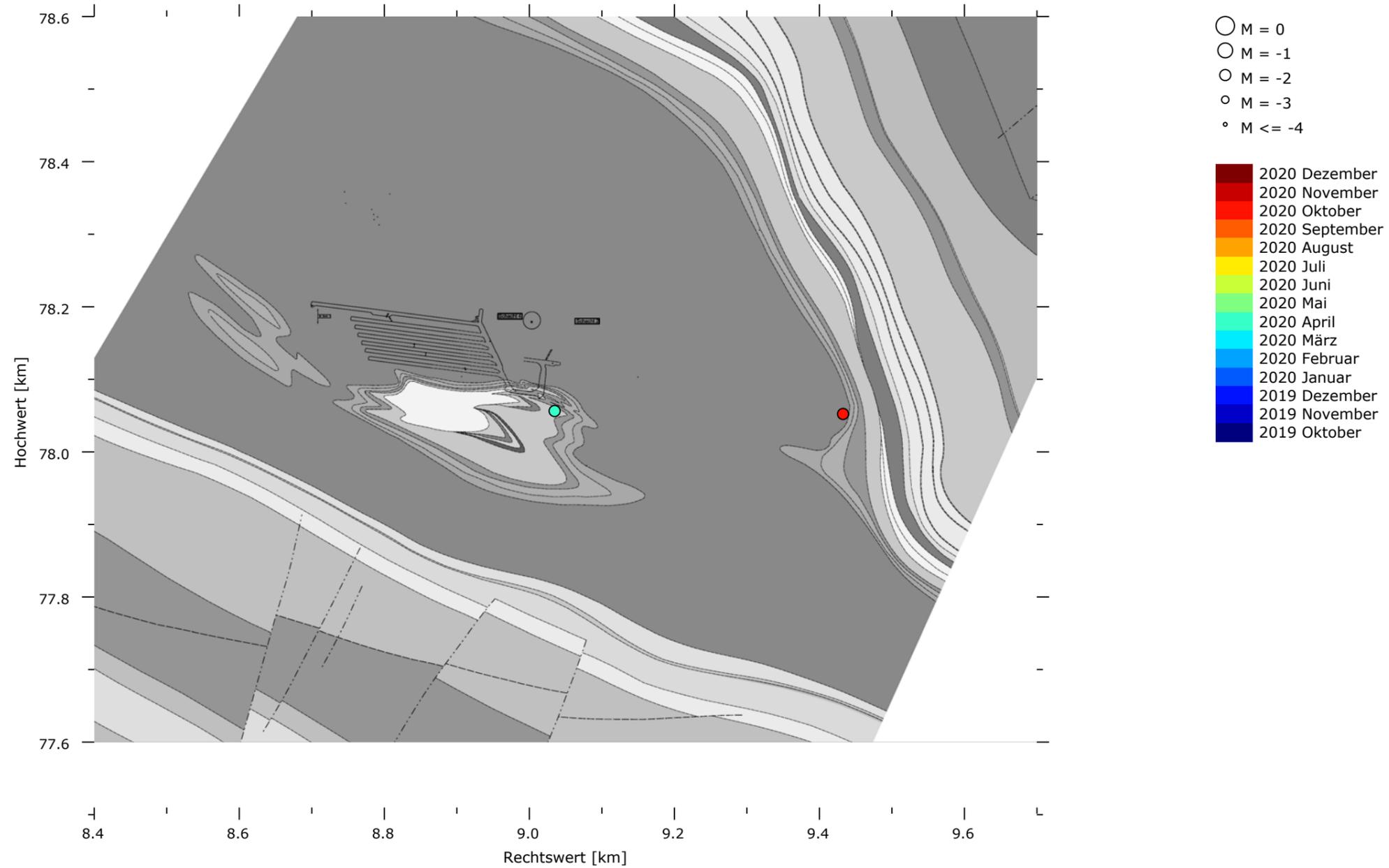


**Mikroseismizität im Bereich der 950-m-Sohle (-743,0 m NN bis -768,0 m NN)**

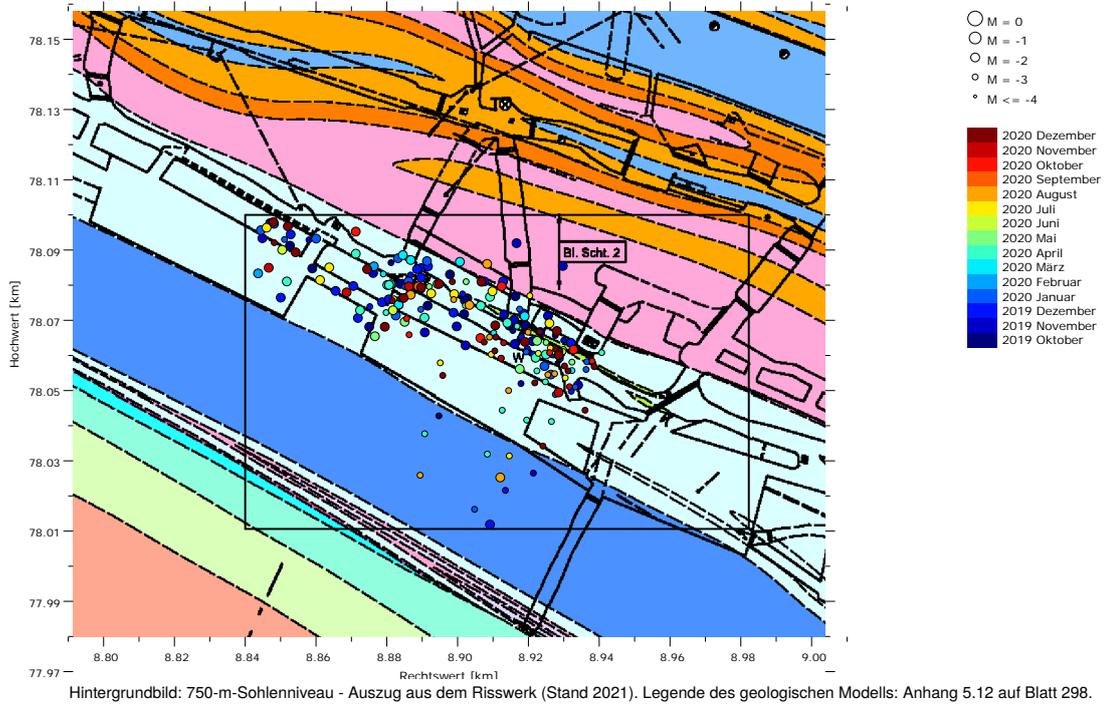


Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	Blatt: 284

**Mikroseismizität im Bereich der 975-m-Sohle und tiefer (unterhalb von 768,0 m NN)**

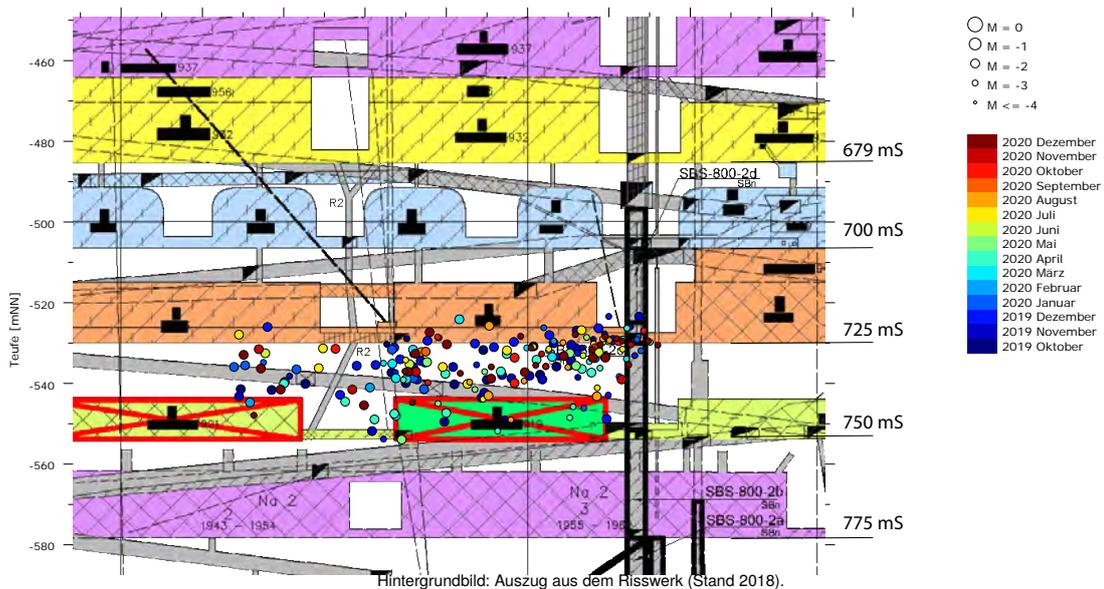


### Anhang 5.9: Cluster bei der ELK 4/750



Hintergrundbild: 750-m-Sohlenniveau - Auszug aus dem Risswerk (Stand 2021). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.12 auf Blatt 298.

**Bild 18:** Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse bei der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 (Manuelle Auswertung)



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand 2018).

**Bild 19:** Mikroseismizität bei der ELK 4/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 projiziert auf einen etwa parallel zum Streichen durch das Baufeld an der Südflanke verlaufenden Schnitt (Manuelle Auswertung)

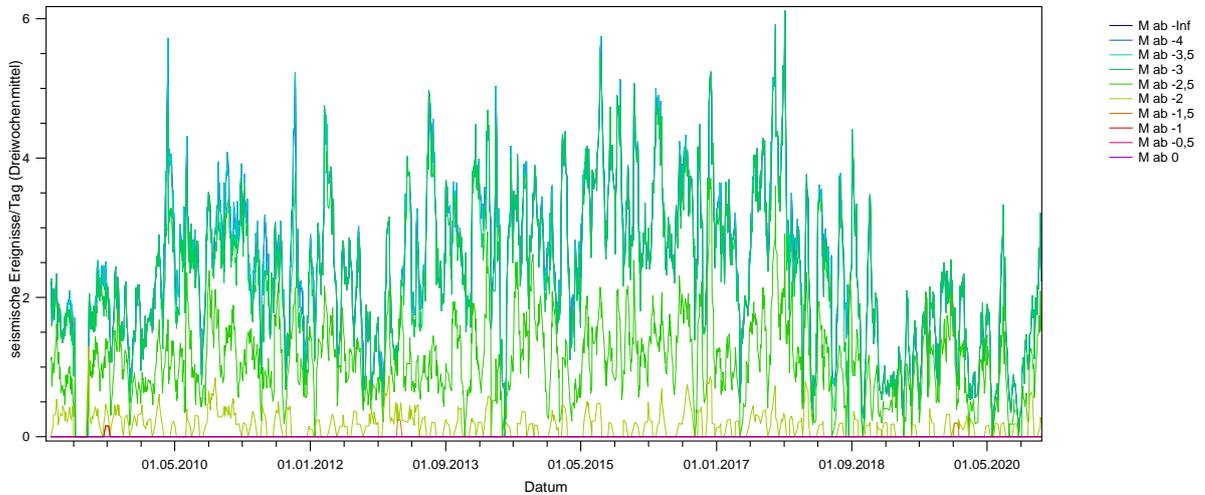


Bild 20: Dreiwochenmittel der Ereignisrate des Clusters bei der ELK 4/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 12/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatik)

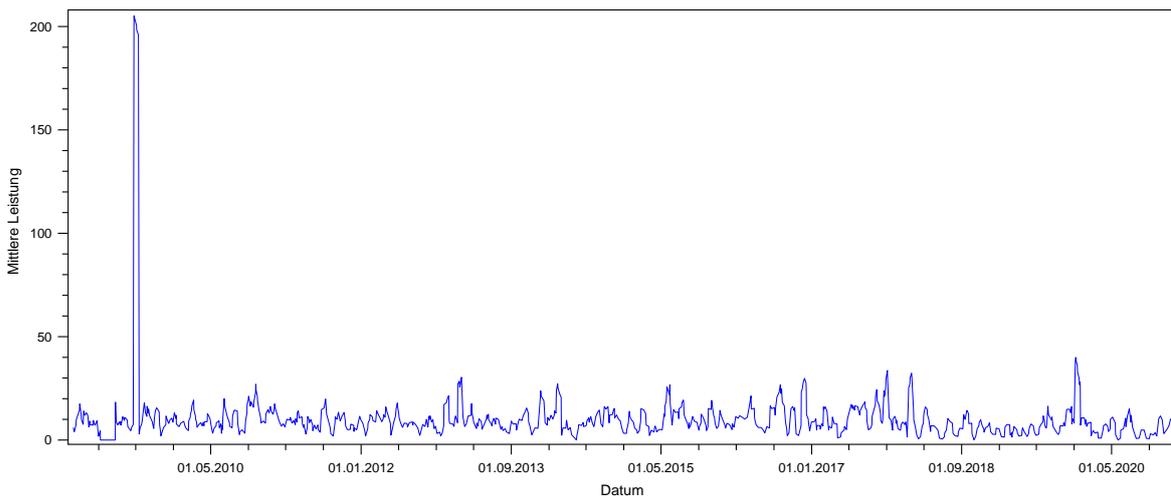


Bild 21: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen des Clusters bei der ELK 4/750 während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 12/2020 (Automatik)

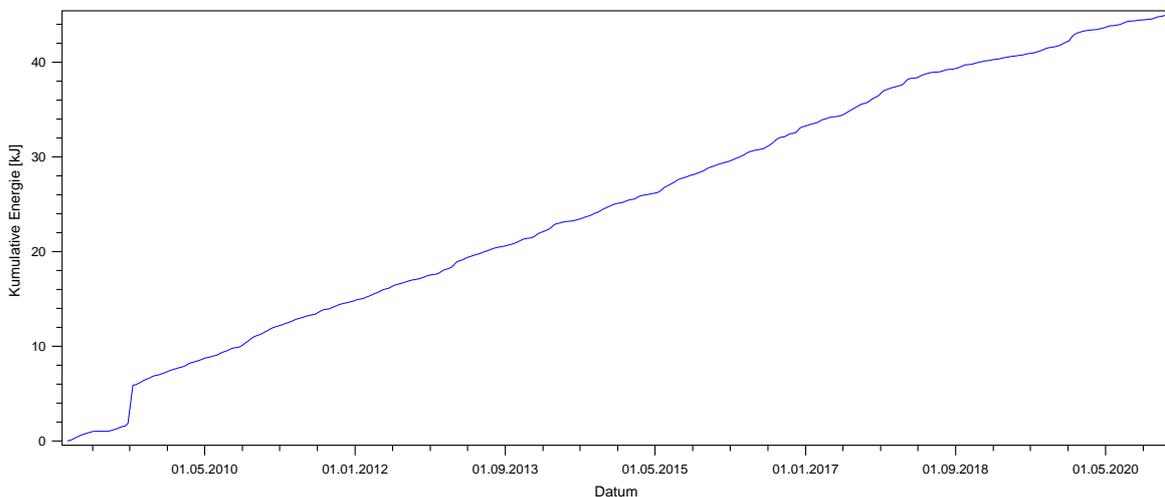


Bild 22: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 21) berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 12/2020 des Clusters bei der ELK 4/750 (Automatik)

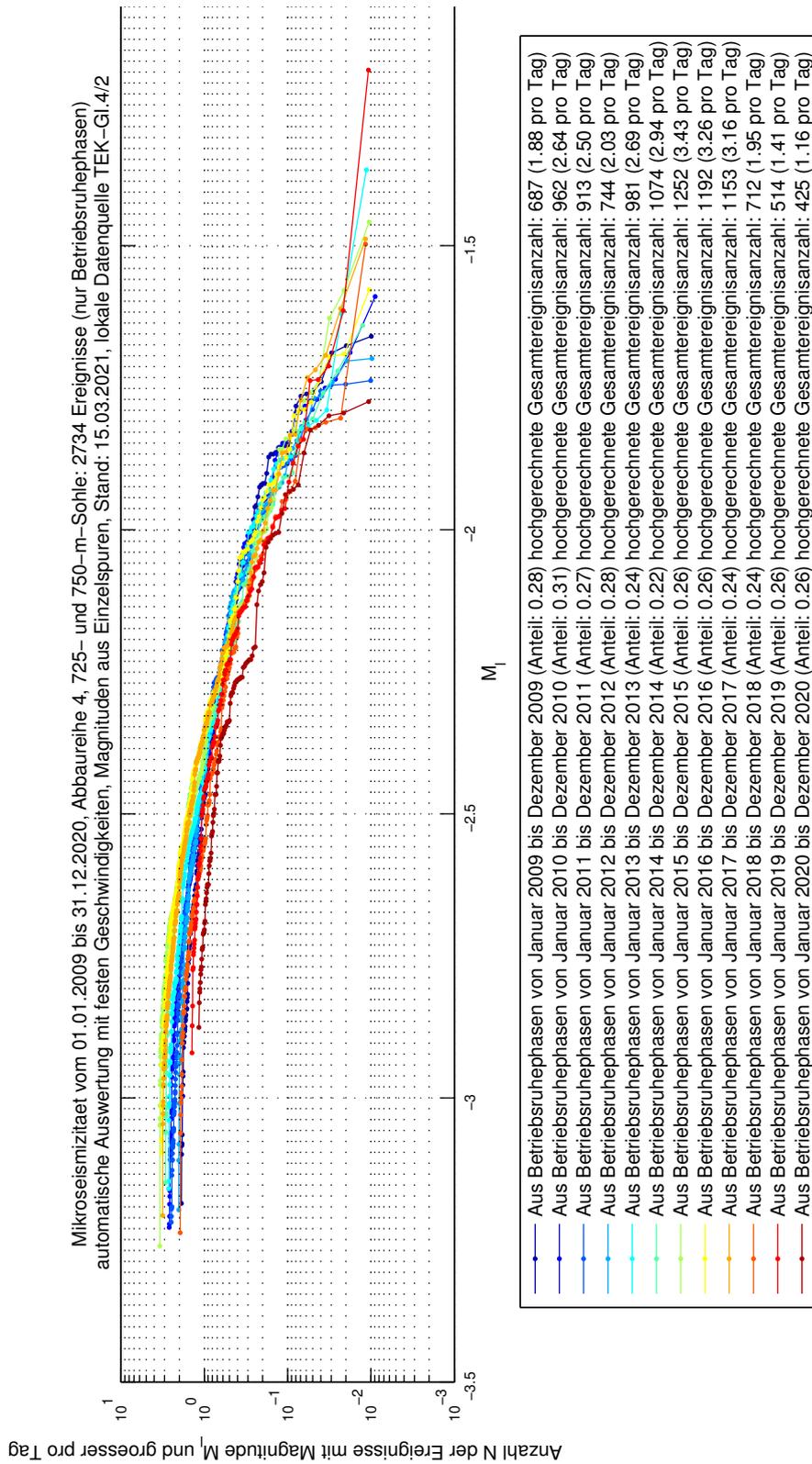
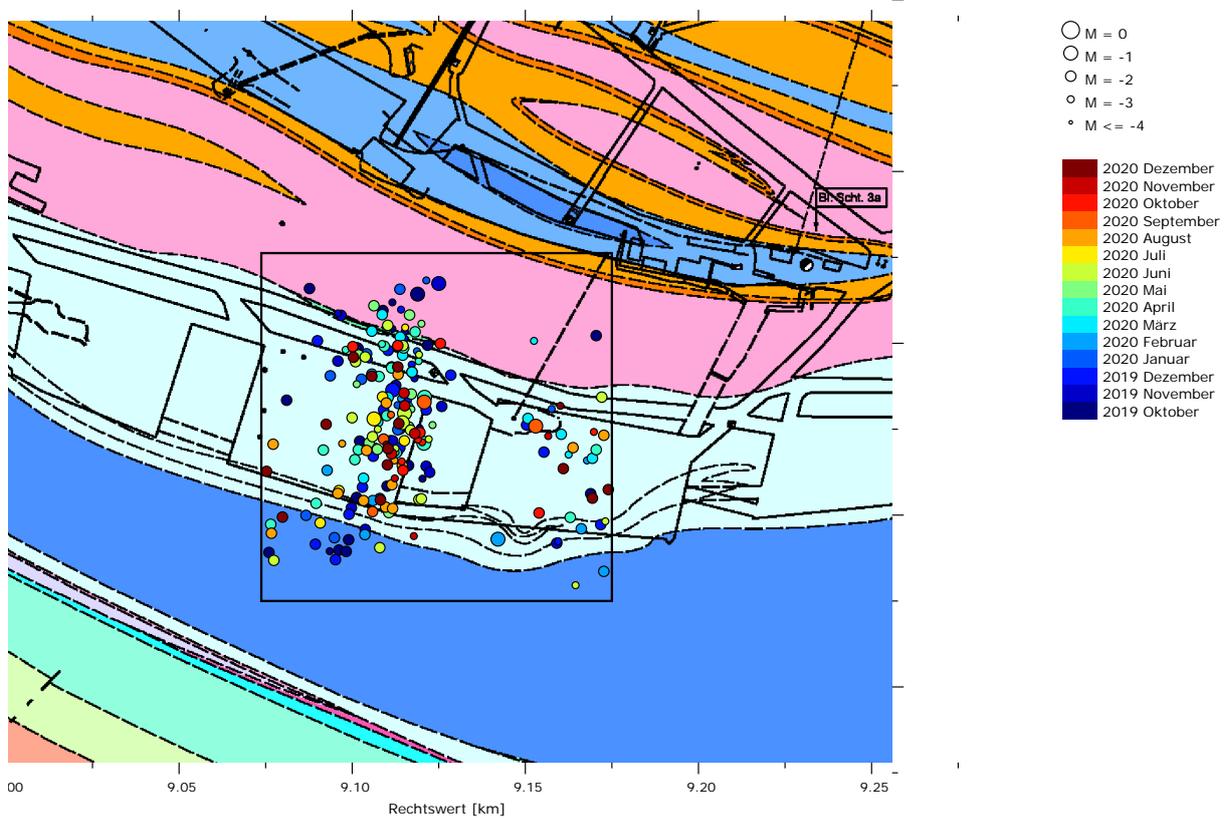


Bild 23: Aus Ereignissen des Clusters bei der ELK 4/750 während der Betriebsruhephasen hochgerechnete Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen (Automatik) für die Berichtszeiträume 2009 bis 2020 (10/2008–12/2020).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 288

### Anhang 5.10: Cluster bei der ELK 6/750



Hintergrundbild: 750-m-Sohlenniveau - Auszug aus dem Risswerk (Stand 2019). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.12 auf Blatt 298.

*Bild 24: Draufsicht auf die mikroseismischen Ereignisse bei der ELK 6/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 (Manuelle Auswertung).*

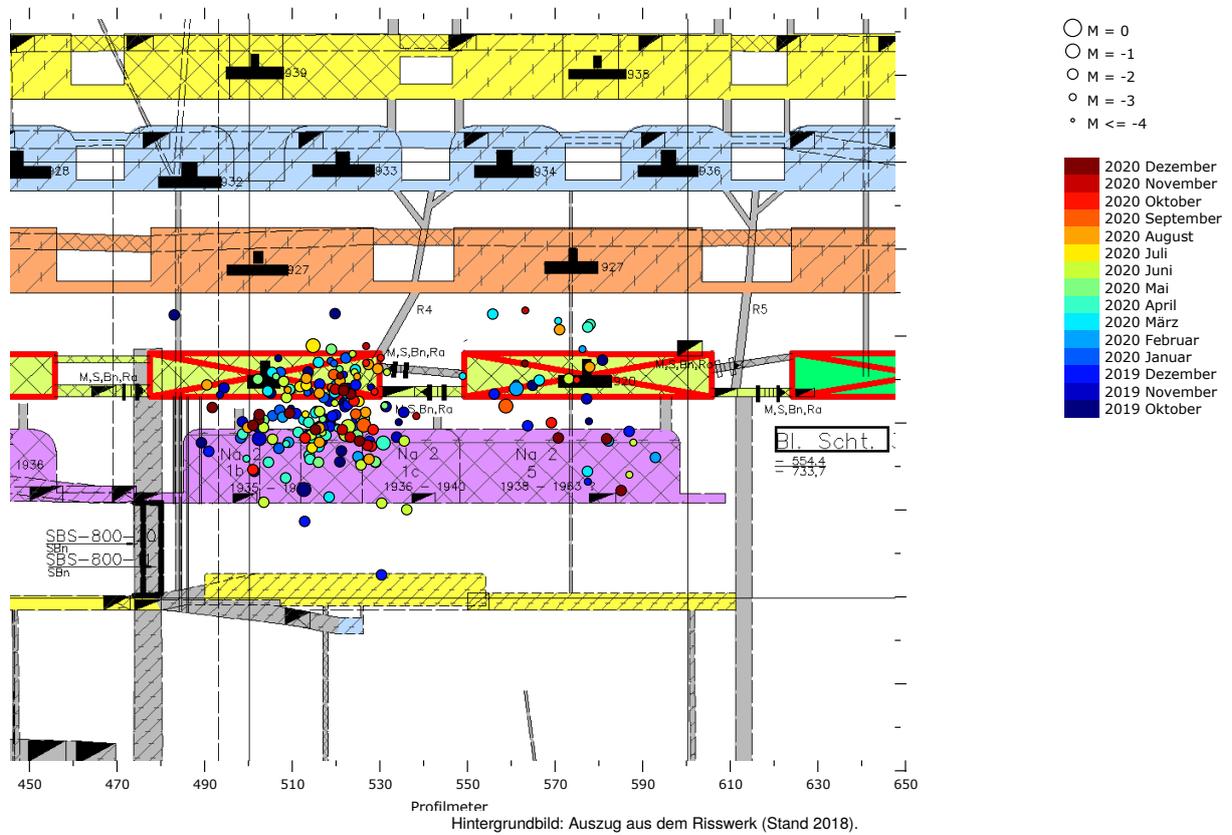


Bild 25: Mikroseismizität bei der ELK 6/750 in den Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 projiziert auf einen etwa parallel zum Streichen durch das Baufeld an der Südflanke verlaufenden Schnitt (Manuelle Auswertung).

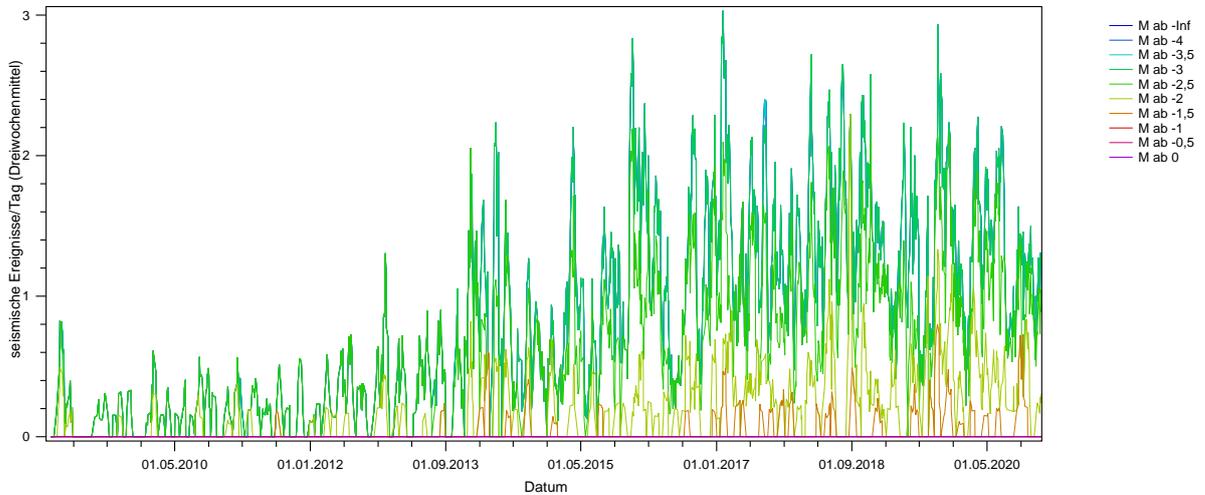


Bild 26: Dreiwochenmittel der Ereignisrate des Clusters bei der ELK 6/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 12/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatik).

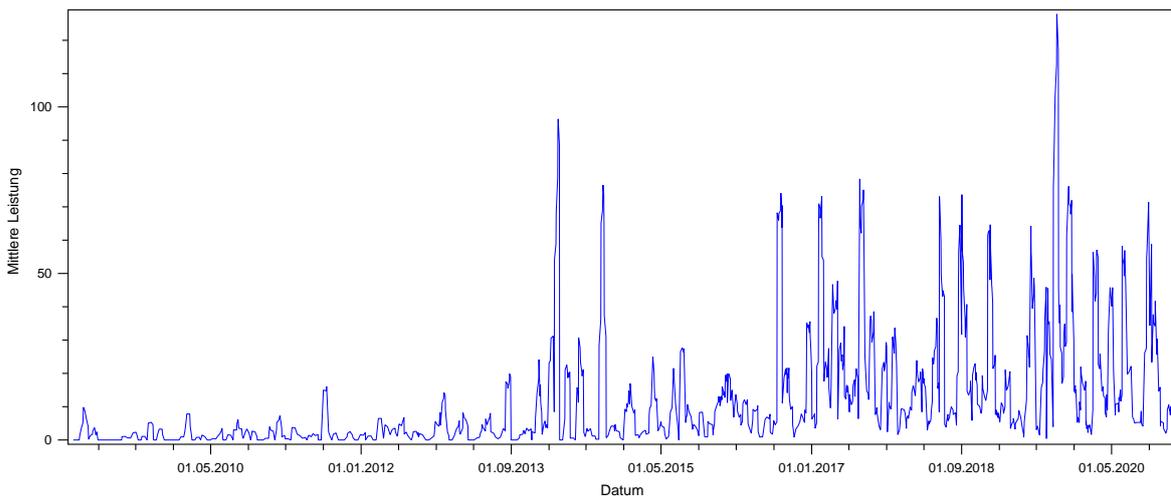


Bild 27: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen des Clusters bei der ELK 6/750 während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 12/2020 (Automatik).

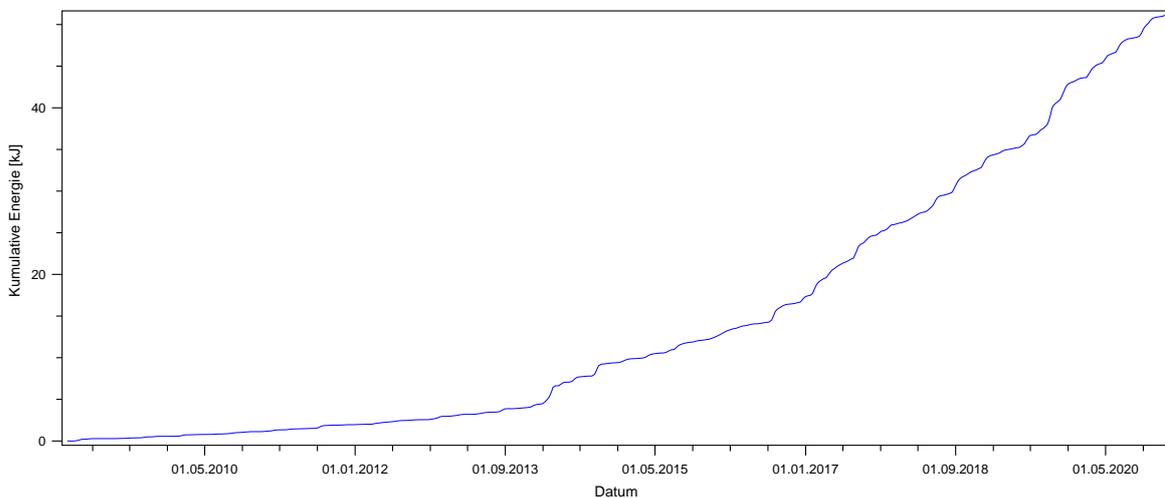


Bild 28: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 27) berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 12/2020 des Clusters bei der ELK 6/750 (Automatik).

Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

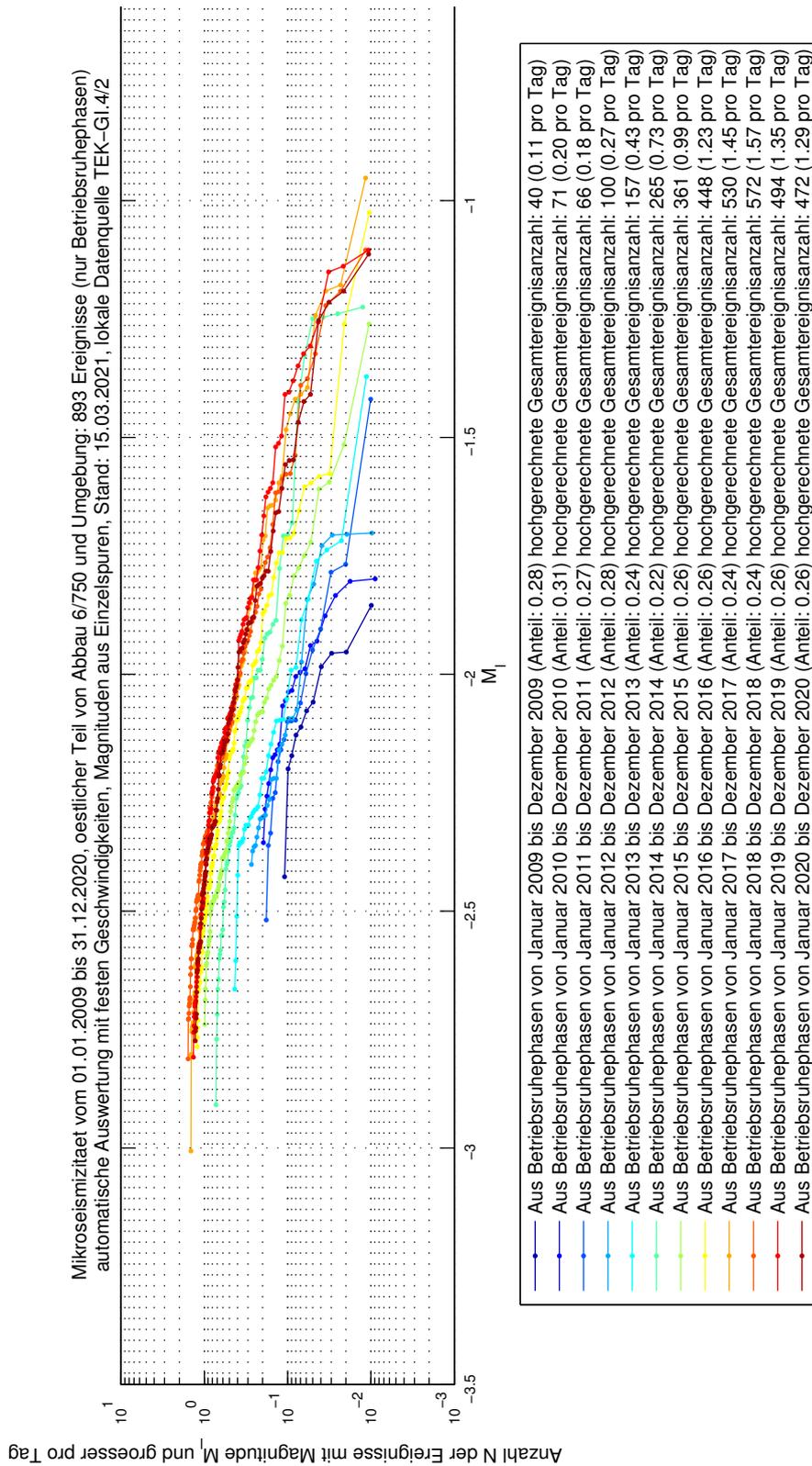


Bild 29: Aus Ereignissen des Clusters bei der ELK 6/750 während der Betriebsruhephasen hochgerechnete Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen (Automatik) für die Berichtszeiträume 2009 bis 2020 (10/2008–12/2020).

**Anhang 5.11: Mikroseismizität bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen (westlicher Teil) auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750**

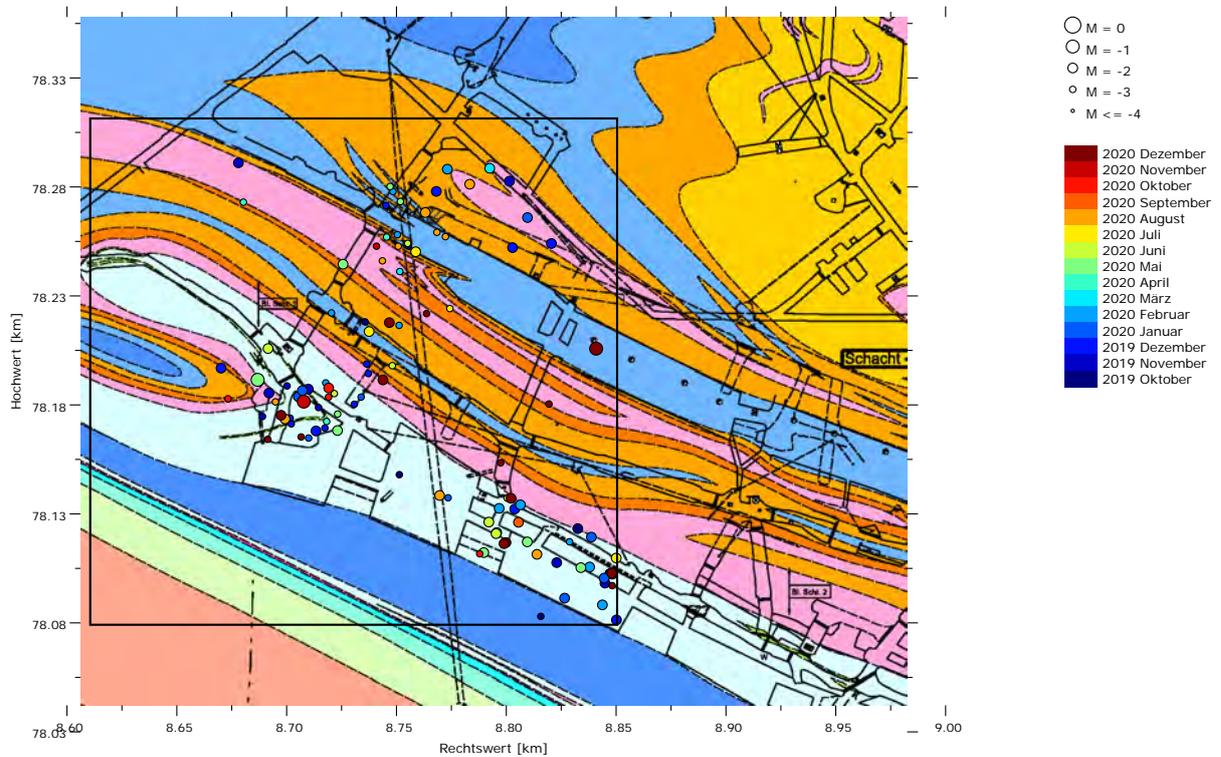


Bild 30: Draufsicht auf die Ereignisse bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle und in ihrer Umgebung westlich der ELK 4/750 (-513,5 m bis -543 mNN Teufe) in den Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 (Manuelle Auswertung).

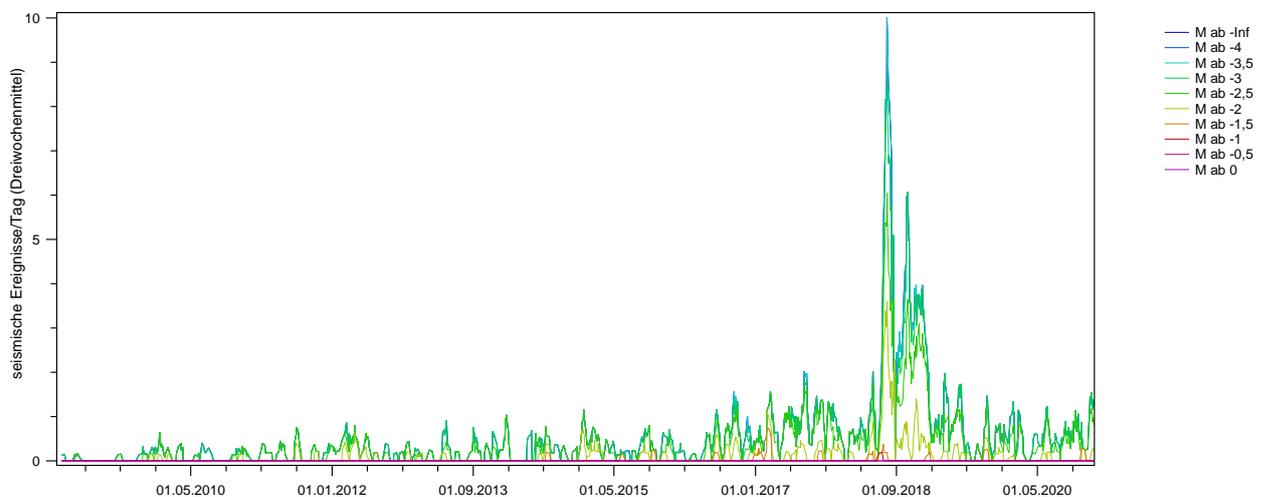
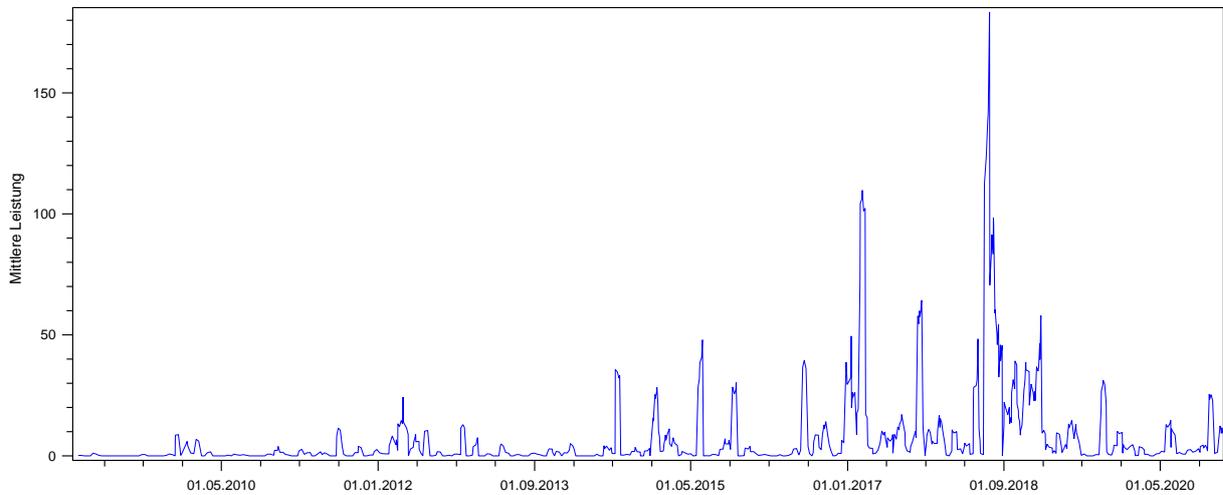


Bild 31: Dreiwochenmittel der Ereignisrate bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 12/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatische Auswertung).

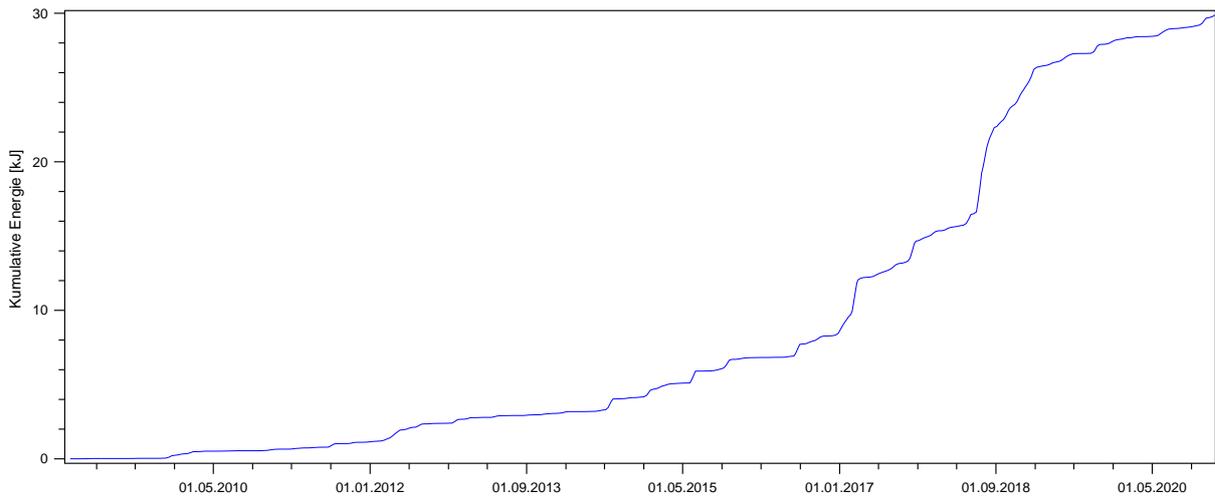
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse	Blatt: 293
---	------------



**Bild 32:** Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet aus den Ereignissen bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 12/2020 (Automatische Auswertung).



**Bild 33:** Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung (Bild 32) berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 12/2020 bei der 1. und 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle westlich der ELK 4/750 (Automatische Auswertung).

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 294

**Anhang 5.12: Ereignisse im zentralen Bereich der 700- bis 750-m-Sohle**

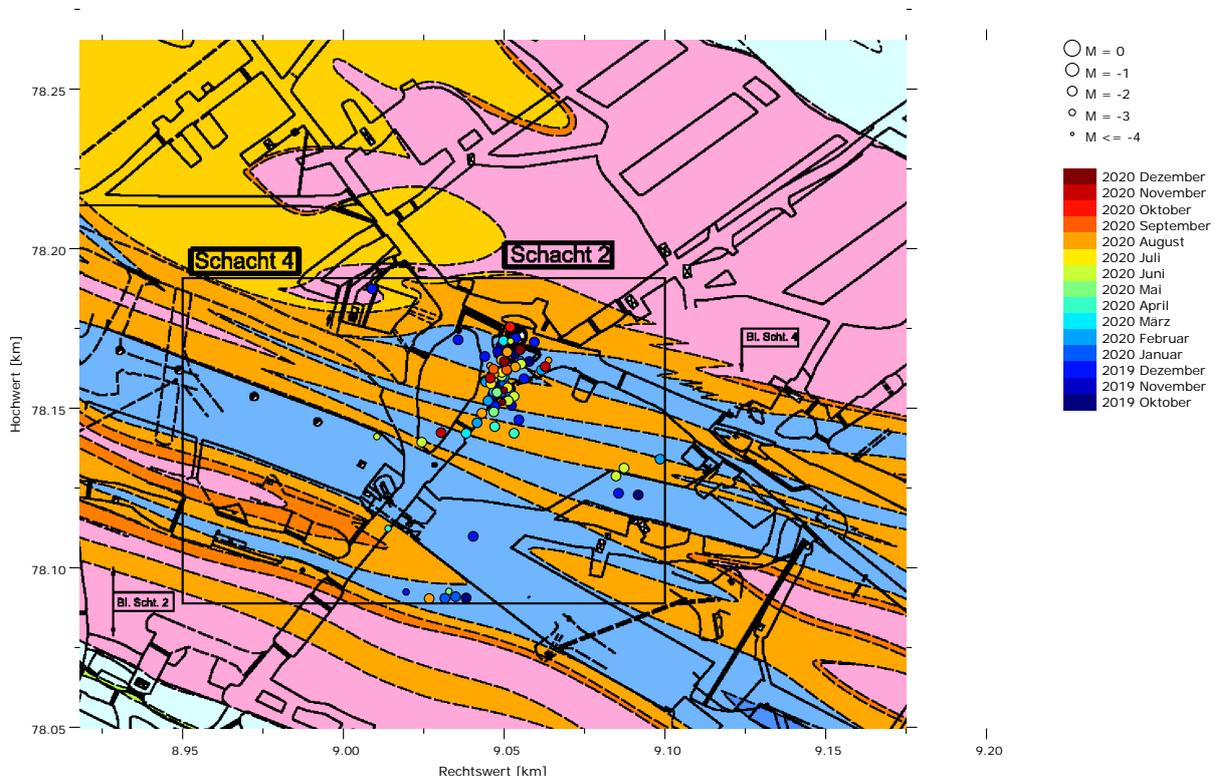


Bild 34: Draufsicht auf die Ereignisse im zentralen Bereich der 700-m-Sohle in den Betriebsruhephasen von 10/2019 bis 12/2020 (Manuelle Auswertung).

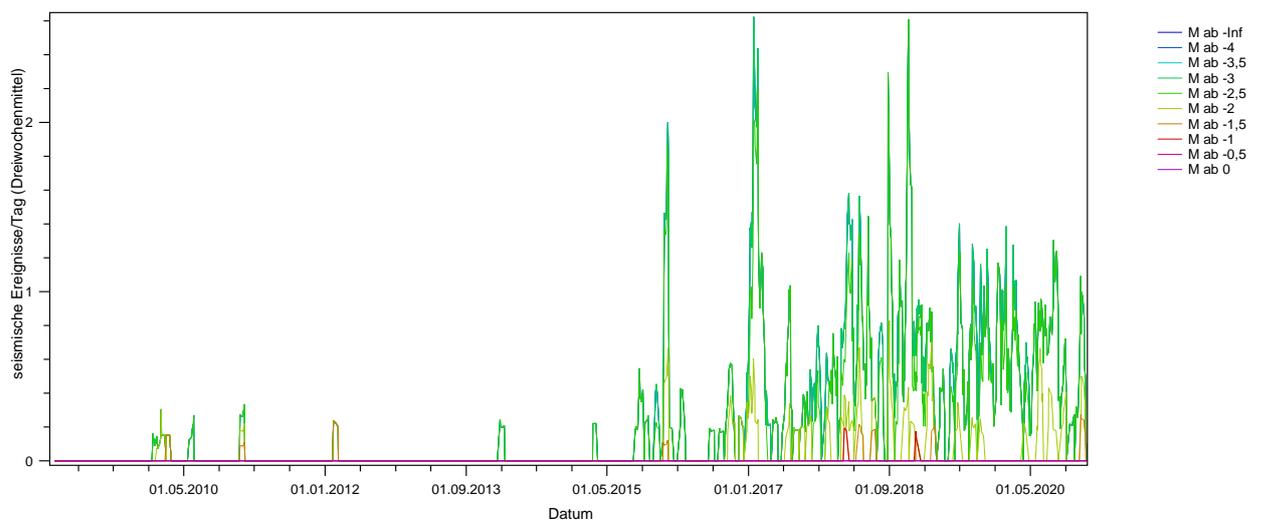


Bild 35: Dreiwochenmittel der Ereignisrate für den zentralen Bereich der 700-m-Sohle hochgerechnet aus den Ereignissen während der Betriebsruhephasen von 10/2008 bis 12/2020 aufgeschlüsselt nach Magnituden (Automatische Auswertung).

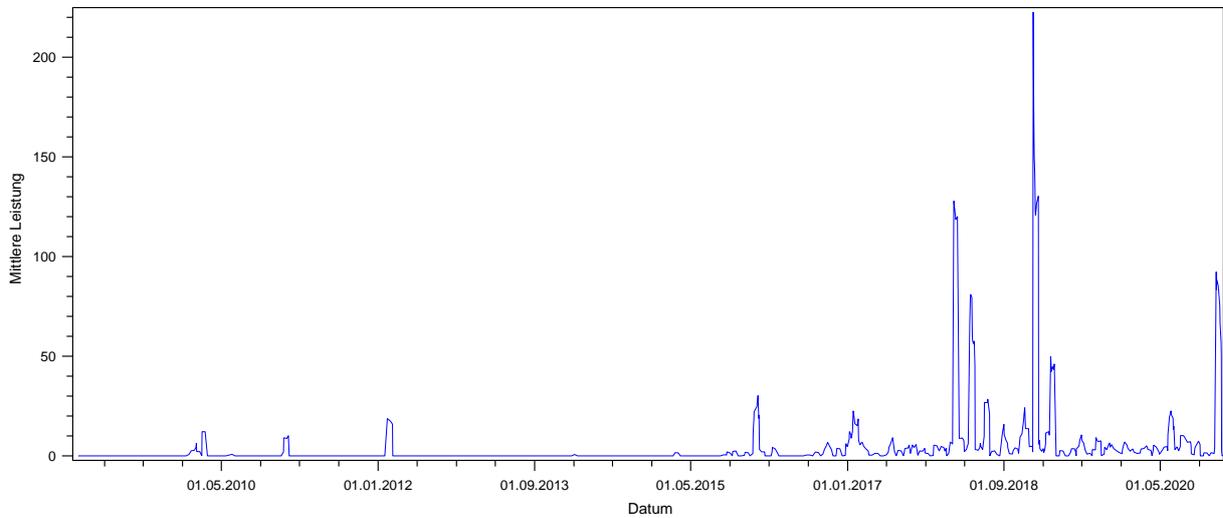


Bild 36: Über drei Wochen gemittelte seismische Leistung hochgerechnet der Ereignisse im zentralen Bereich der 700-m-Sohle während der Betriebsruhephasen 10/2008 bis 12/2020 (Automatische Auswertung).

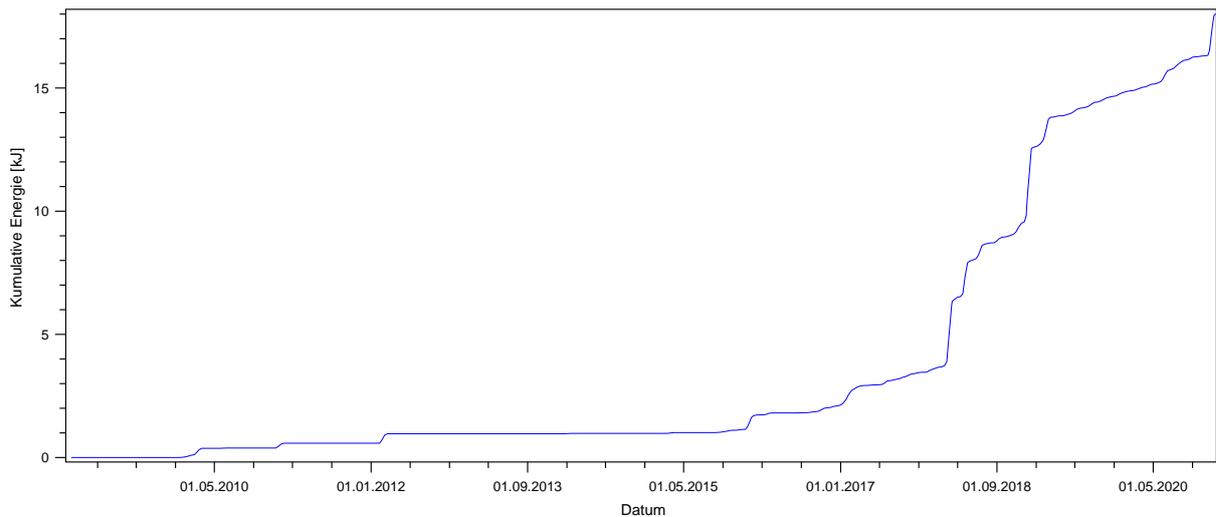
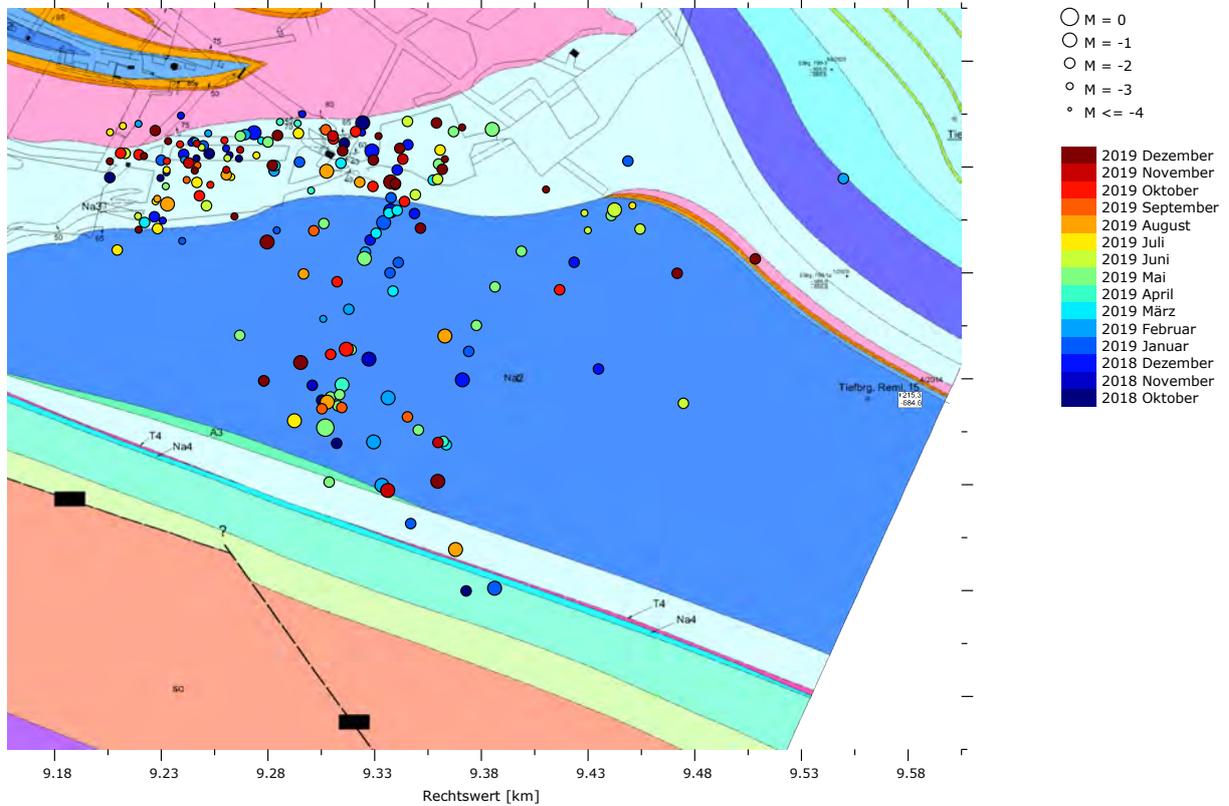
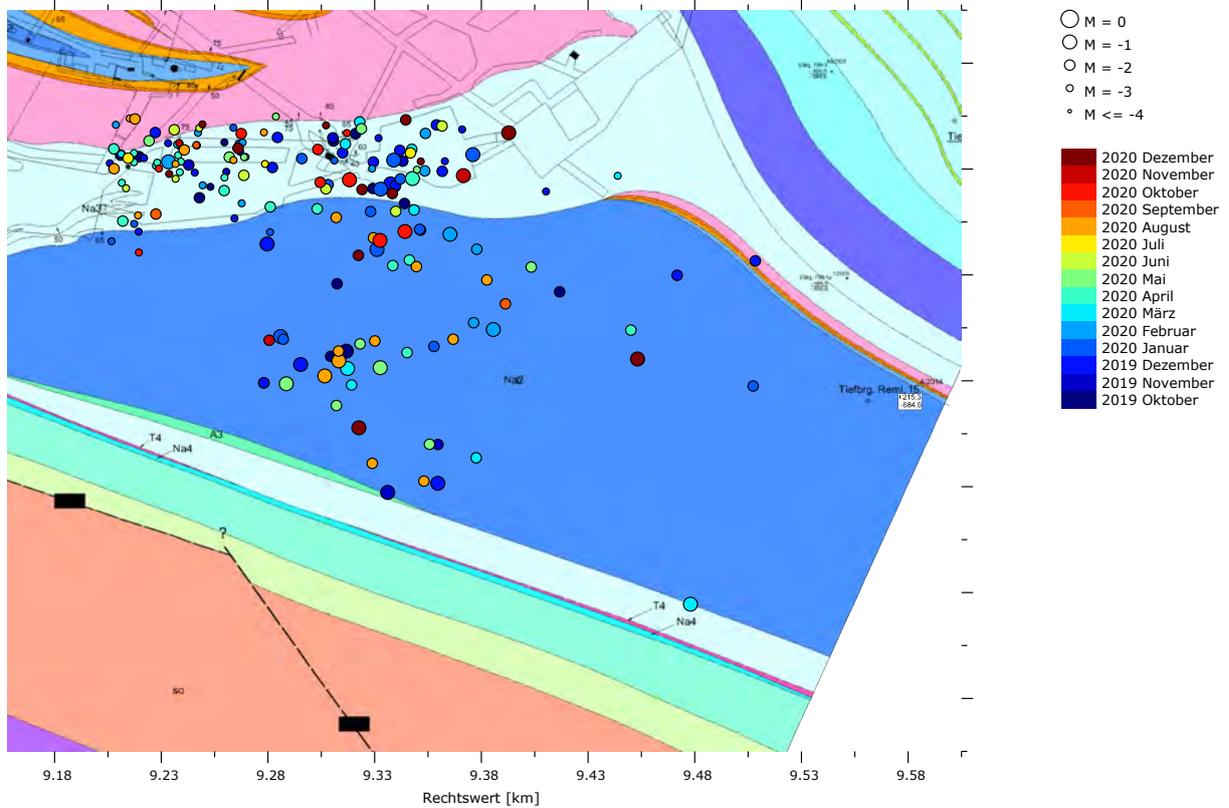


Bild 37: Aus der über drei Wochen gemittelten seismischen Leistung berechnete kumulative Energie von 10/2008 bis 12/2020 der Ereignisse im zentralen Bereich der 700-m-Sohle (Automatische Auswertung).



Hintergrundbild: 750-m-Sohlenniveau - Auszug aus dem Risswerk (Stand 2019). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.12 auf Blatt 298.

**Bild 38:** Mikroseismizität südöstlich des Grubengebäudes unterhalb der 574-m-Sohle im Zeitraum 10/2018 bis 12/2019 (Manuelle Auswertung).



Hintergrundbild: 750-m-Sohlenniveau - Auszug aus dem Risswerk (Stand 2019). Legende des geologischen Modells: Anhang 5.12 auf Blatt 298.

*Bild 39: Mikroseismizität südöstlich des Grubengebäudes unterhalb der 574-m-Sohle im Zeitraum 10/2019 bis 12/2020 (Manuelle Auswertung).*

### Legende zu den Hintergrundbildern mit Darstellungen des geologischen Modells

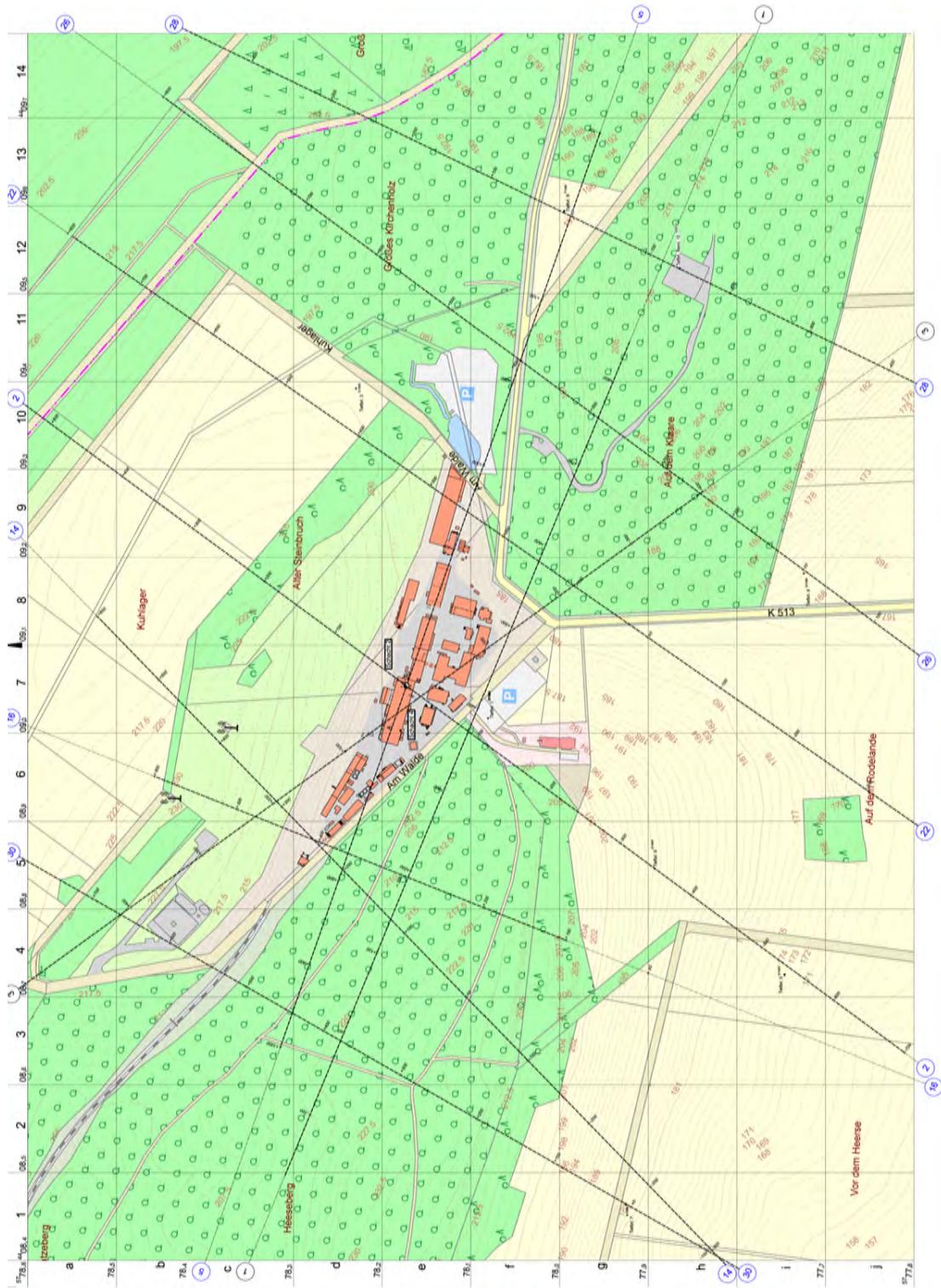
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">q / t</span>	Quartär / Tertiär, ungegliedert								
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; padding: 2px;">kr</span>	Kreide, ungegliedert								
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">j</span>	Jura, ungegliedert								
<span style="background-color: red; border: 1px solid black; padding: 2px;">ko</span>	Oberer	}	Keuper						} Zechstein 4
<span style="background-color: pink; border: 1px solid black; padding: 2px;">km</span>	Mittlerer								
<span style="background-color: darkred; border: 1px solid black; padding: 2px;">ku</span>	Unterer								
<span style="background-color: purple; border: 1px solid black; padding: 2px;">mo2</span> <span style="background-color: purple; border: 1px solid black; padding: 2px;">mo1</span>	Oberer	}	Muschelkalk						} Zechstein 3
<span style="background-color: pink; border: 1px solid black; padding: 2px;">mm</span>	Mittlerer								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">mmNa</span> <span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">mmR</span>									
<span style="background-color: purple; border: 1px solid black; padding: 2px;">mu</span>	Unterer								
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; padding: 2px;">so</span>	Oberer	}	Buntsandstein						}
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">so:AY</span>	Anhydrit, Gips								
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; padding: 2px;">so:A</span>	Anhydrit								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">so:Na</span>	Steinsalz								
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; padding: 2px;">sm</span>	Mittlerer								
<span style="background-color: pink; border: 1px solid black; padding: 2px;">p</span> <span style="background-color: red; border: 1px solid black; padding: 2px;">su</span>	Rogenstein Unterer								
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na2r</span>		}	Zechstein2						
<span style="background-color: pink; border: 1px solid black; padding: 2px;">K2</span> <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">H</span> <span style="background-color: orange; border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span>	Flöz Staßfurt Hartsalz Carnallit								
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na2K</span>	kies. Übergangssalz								
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;"></span>	Tonlinsalz								
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na2P</span>	Polyhalitbänkschensalz								
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na2S</span>	Speisesalz								
<span style="background-color: purple; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na2</span> <span style="background-color: purple; border: 1px solid black; padding: 2px;">S/P/K</span>	Zusammenfassung								
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na2β</span>	Staßfurt Hauptsalz								
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">Hutgestein</span>	Hutgestein								
<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; padding: 2px;">A4r, z5-z7</span>	Grenzanhydrit bis Bröckelschiefer								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na4</span>	Aller - Steinsalz								
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; padding: 2px;">A4</span>	Pegmantitanhydrit								
<span style="background-color: pink; border: 1px solid black; padding: 2px;">T4</span>	Roter Salztou								
<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; padding: 2px;">z3(K,t)</span>	bituminöse Kalksteine (Leine Serie)								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na3β+tm</span>	Schwadensalz + Tonmittelsalz								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na3η</span>	Anhydritmittelsalz								
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">am</span>	Anhydritmittel								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na3ε+ζ</span>	Bändersalz + Schwadensalz								
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na3</span> <span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">Ro-δ</span>	Ronnenberg Horizont bis Banksalz								
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">Na3</span> <span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; padding: 2px;">α / β / γ</span>	Unteres Leine Steinsalz (Basis-, Linien-, Orangeaugensalz)								
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; padding: 2px;">A3</span>	Hauptanhydrit								
<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; padding: 2px;">T3</span>	Grauer Salztou								
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; padding: 2px;">A2r</span>	gebänderter Deckanhydrit								

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 299

### Verlauf der Schnittlinien und Zuordnung von Ereignissen zu den ungefähr senkrecht zum Streichen verlaufenden Schnitten

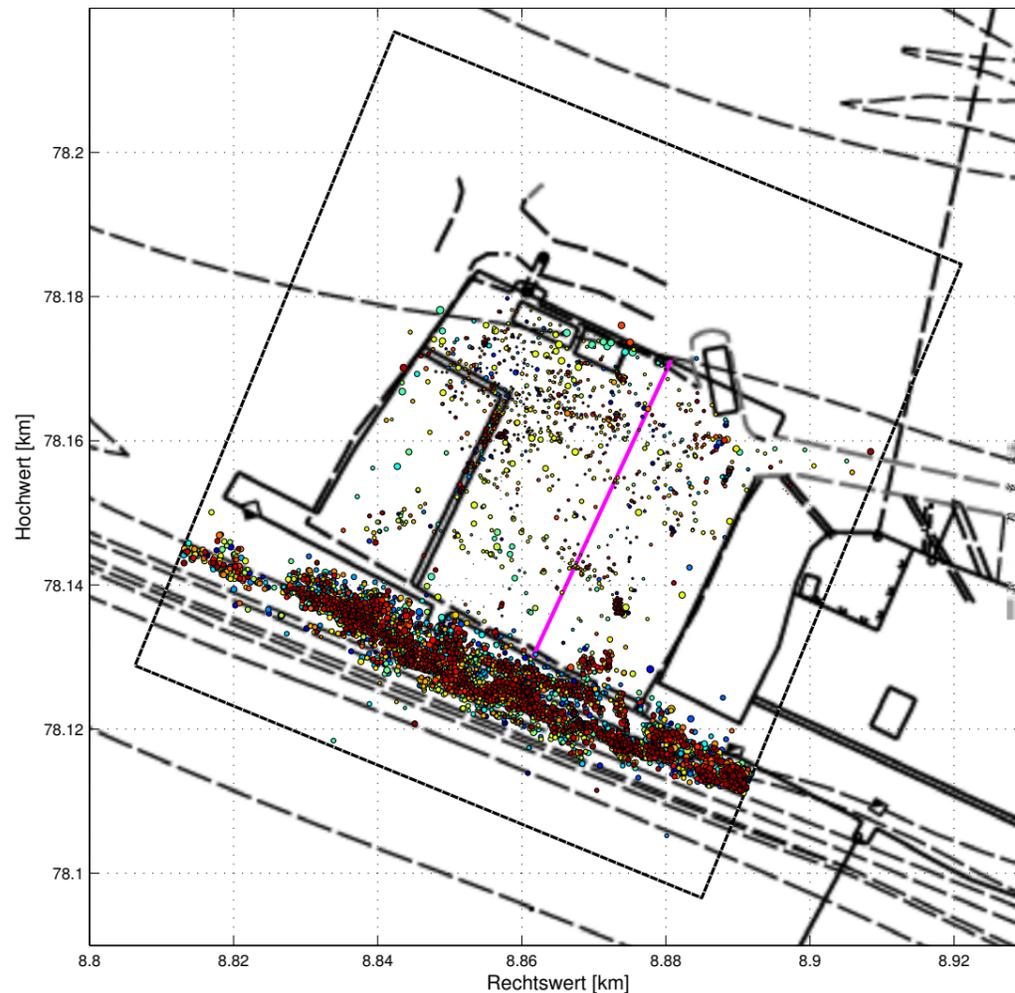


KQM\_Textblatt\_REV11\_Stand-2018-04-16

Schachtanlage Asse II, Tagesriss Schnittlinien. Betriebszustand 30.09.2020 (Hintergrundbild: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung.).

### Anhang 6: Mikroakustische Messungen in den Abbauen 3/490 und 4/490

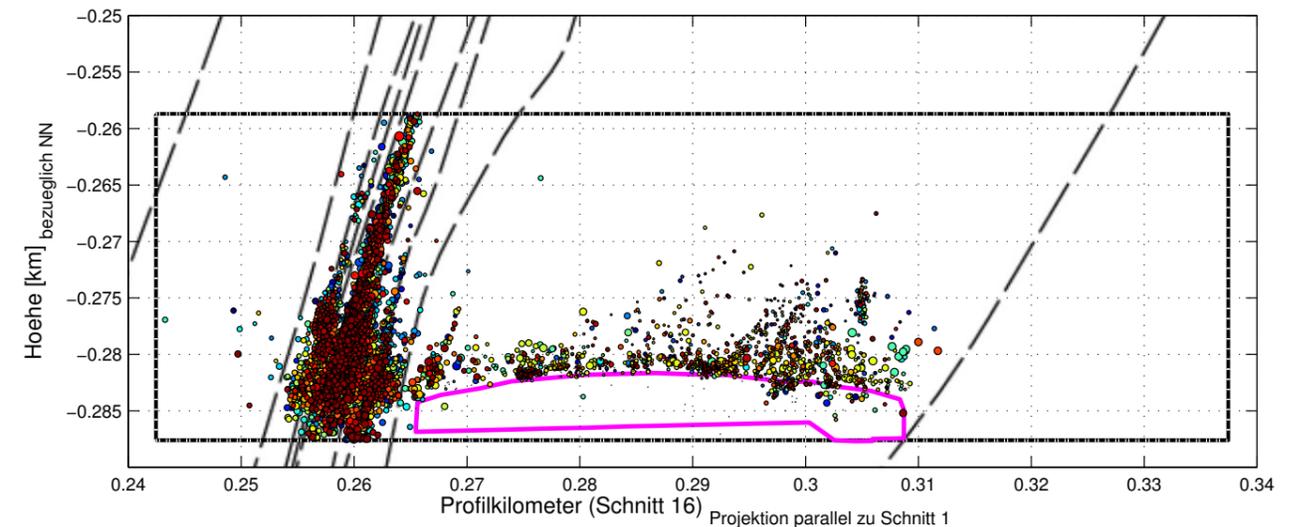
#### Anhang 6.1: Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020



Hintergrundbild: 490-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Der Profilverlauf der in Bild 41 und Bild 42 pink dargestellten Abbaukontur ist hier als pinke Linie dargestellt.

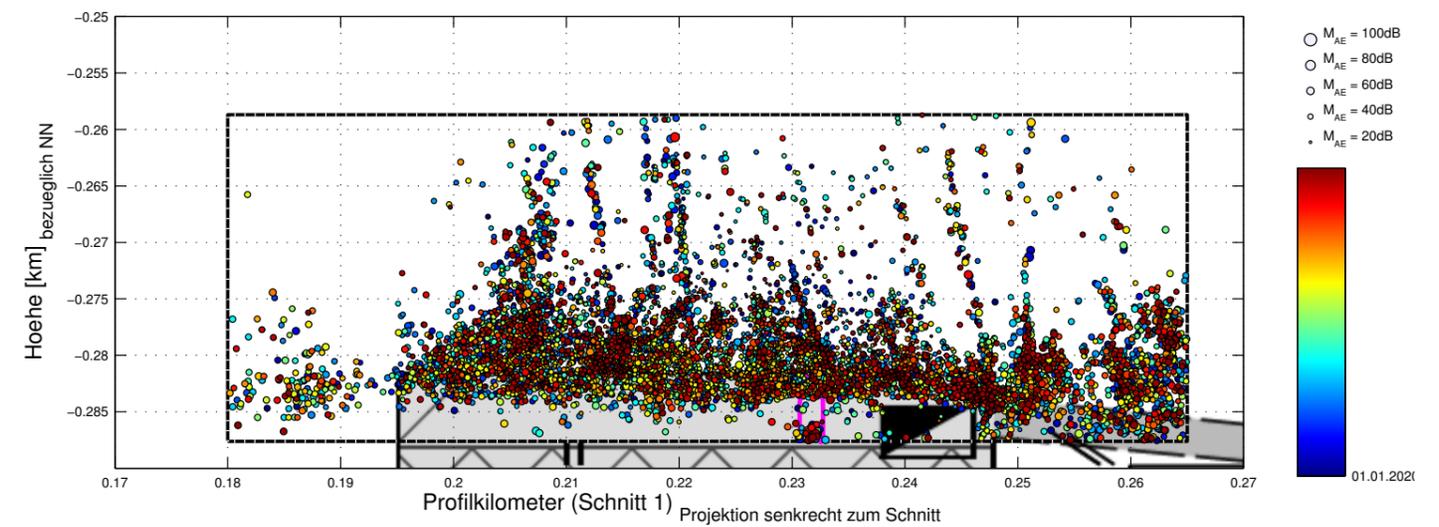
*Bild 40: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 42).*



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 40) markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

*Bild 41: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 3/490 (Farblegende: Siehe Bild 42).*



Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)

In pink ist (teils durch die mikroakustischen Ereignisse verdeckt) der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 40 und Bild 42). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

*Bild 42: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 3/490.*

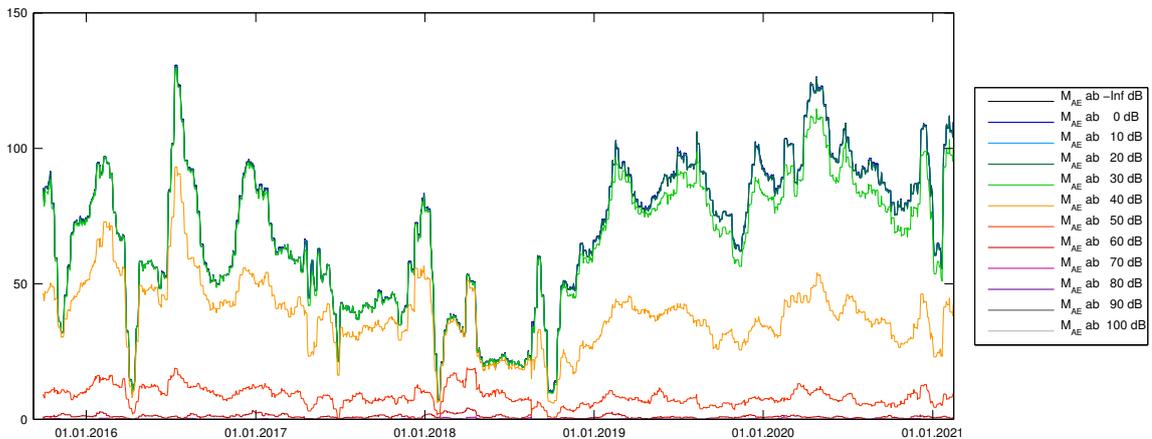


Bild 43: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich Salz-Deckgebirge südlich des Abbaus 3/490 vom 09.09.2015 bis 14.02.2021 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen).

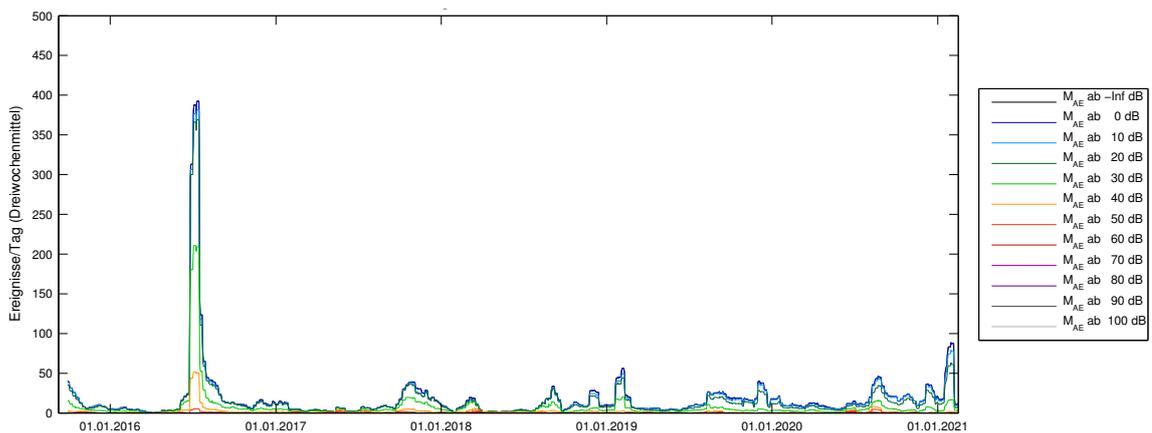
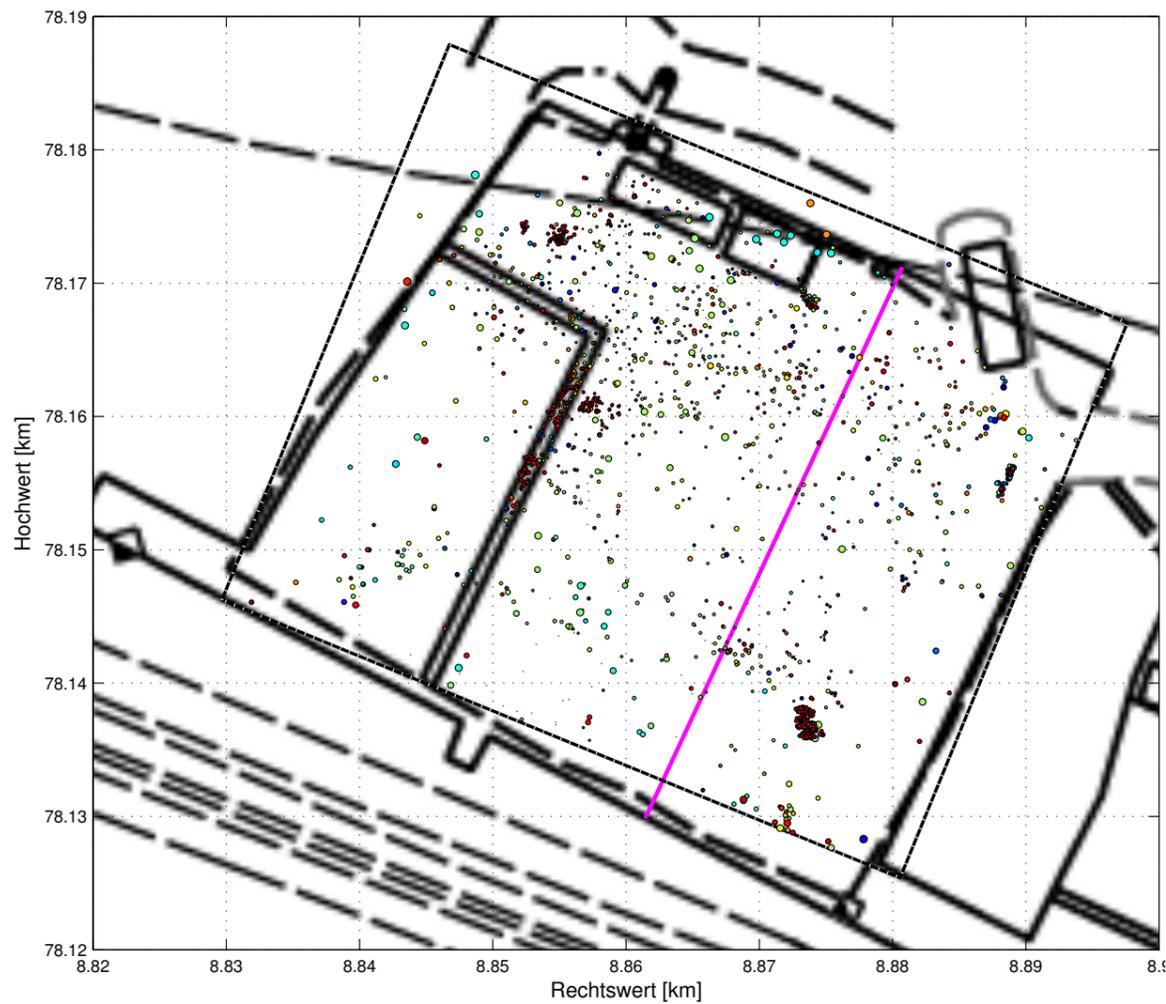


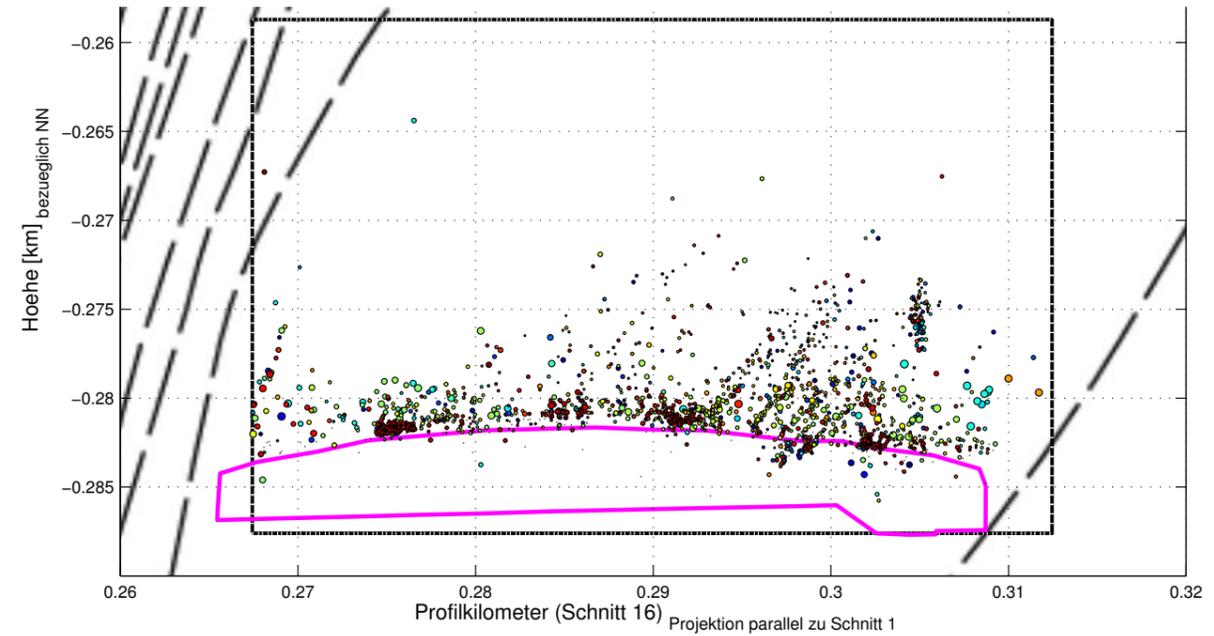
Bild 44: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 vom 09.09.2015 bis 14.02.2021 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen; Gebiet siehe Bilder 45, 46 und 47 auf Blatt 302). Der Peak im Sommer 2016 ist ein Sondereffekt durch die Betonage einer Platte auf dem Lösungsspeicherbecken 1.



Hintergrundbild: 490-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pinke Linie gibt den Profilverlauf der in Bild 46 und Bild 47 in pink dargestellten, markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur an.

**Bild 45:** Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 während der Betriebsruhephasen von Januar 2020 bis Februar 2021 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 47).

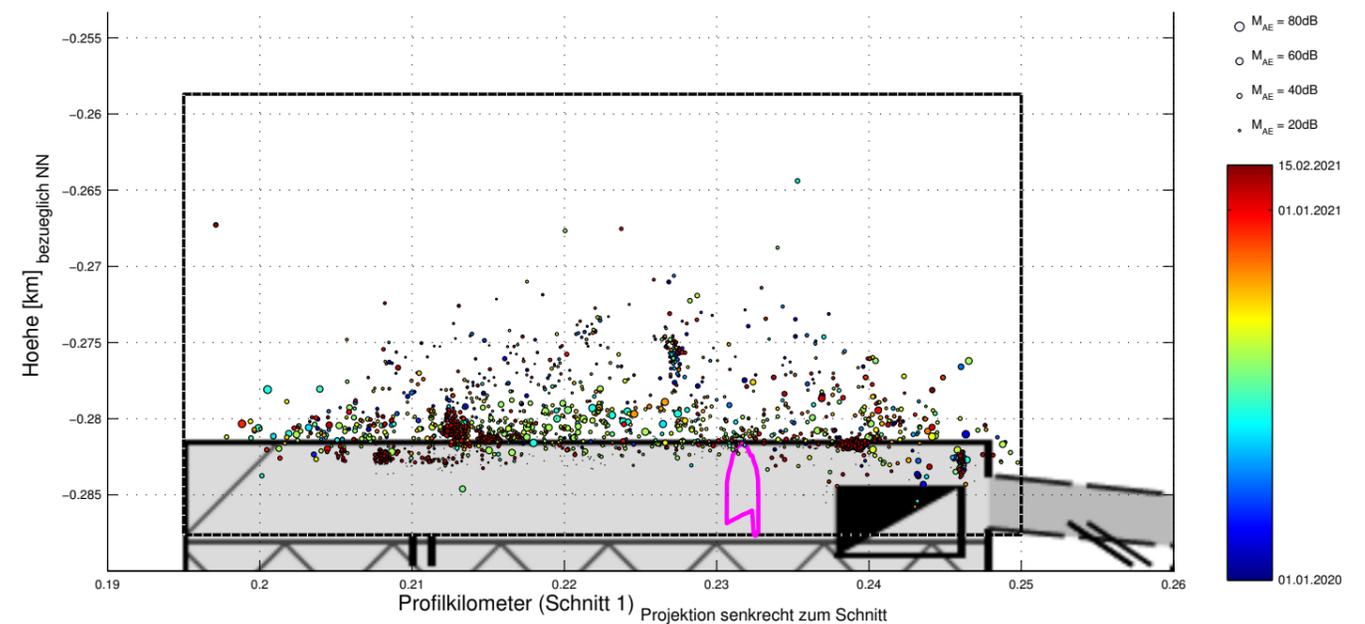


Projektion parallel zu Schnitt 1

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Profilverlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 45) eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

**Bild 46:** Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 während der Betriebsruhephasen von Januar 2020 bis Februar 2021 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 3/490 (Farblegende: Siehe Bild 47).



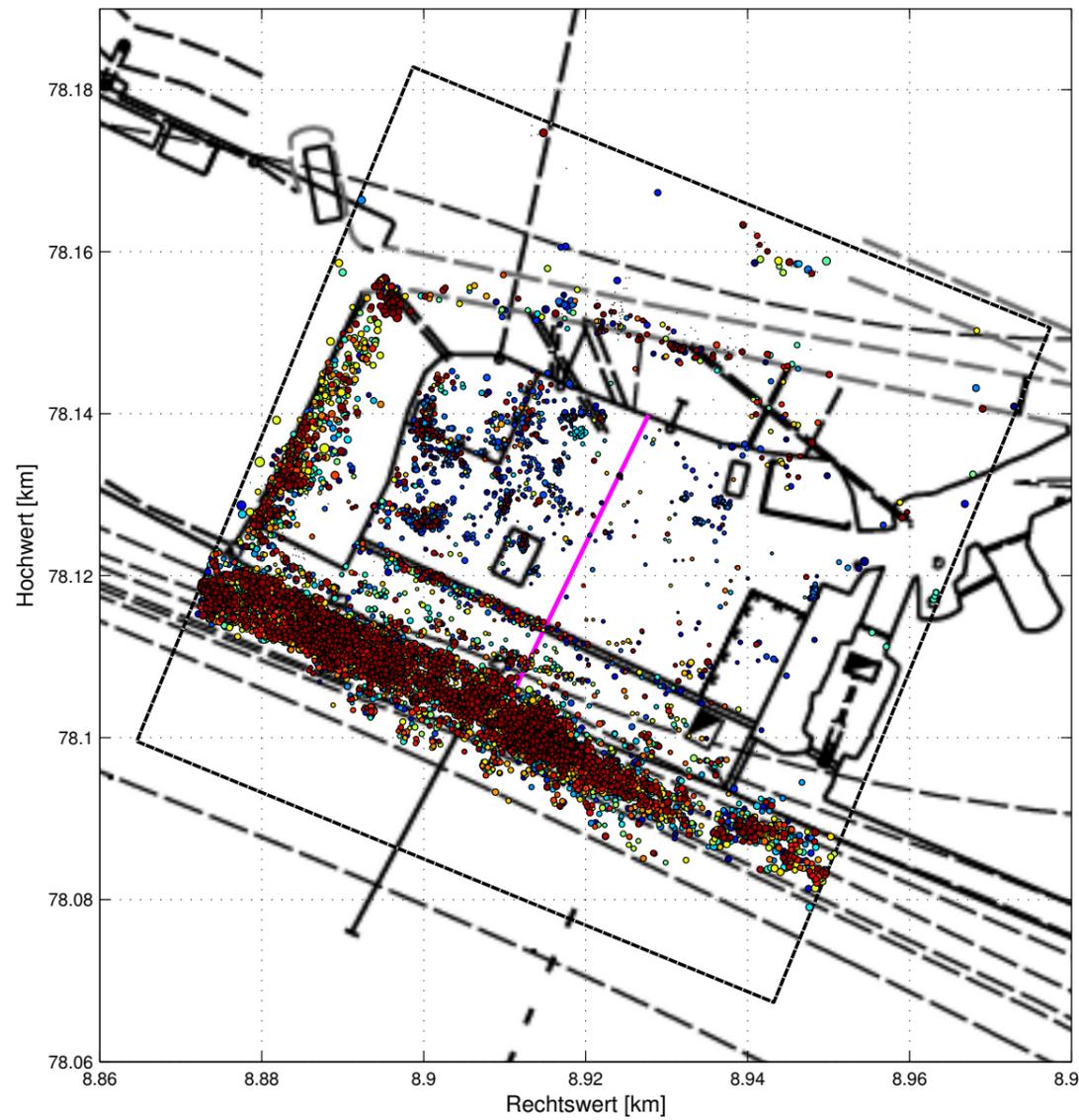
Projektion senkrecht zum Schnitt

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 45 und Bild 47). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

**Bild 47:** Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 3/490 während der Betriebsruhephasen von Januar 2020 bis Februar 2021 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 3/490.

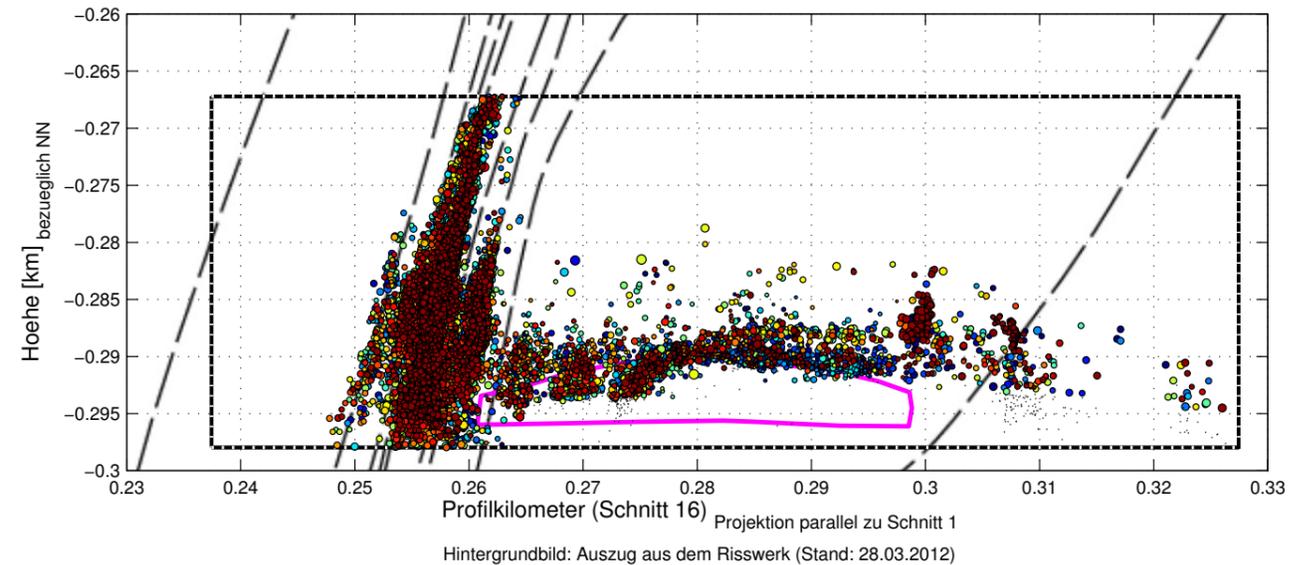
### Anhang 6.2: Mikroakustische Aktivität im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020



Hintergrundbild: 490-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pink Line gibt den Profilverlauf der in Bild 49 und Bild 50 ebenfalls in pink dargestellten (jedoch von mikroakustischen Ereignissen partiell verdeckten), vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur an.

**Bild 48: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblegende: Siehe Bild 50).**

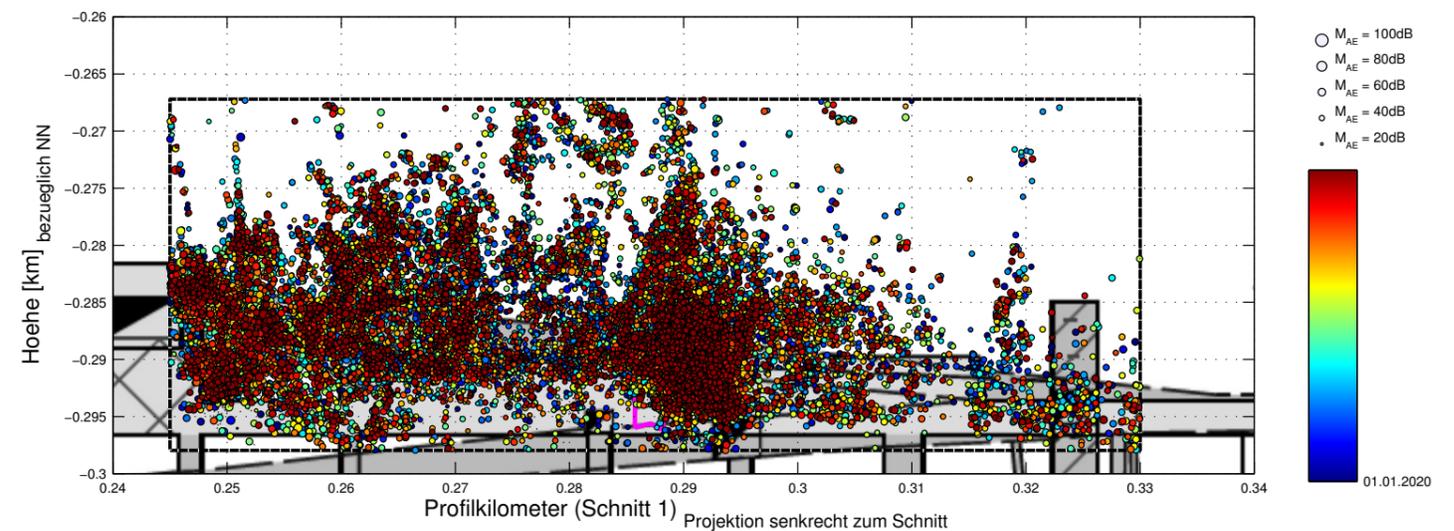


Projektion parallel zu Schnitt 1

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 48) vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet. Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

**Bild 49: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 4/490 (Farblegende: Siehe Bild 50).**



Projektion senkrecht zum Schnitt

Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 15.03.2018)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 markscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 48 und Bild 50). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

**Bild 50: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 und ihrer Umgebung in Betriebsruhephasen im Kalenderjahr 2020 projiziert auf einen Seigerriss ungefähr parallel zum Streichen durch Abbau 4/490.**

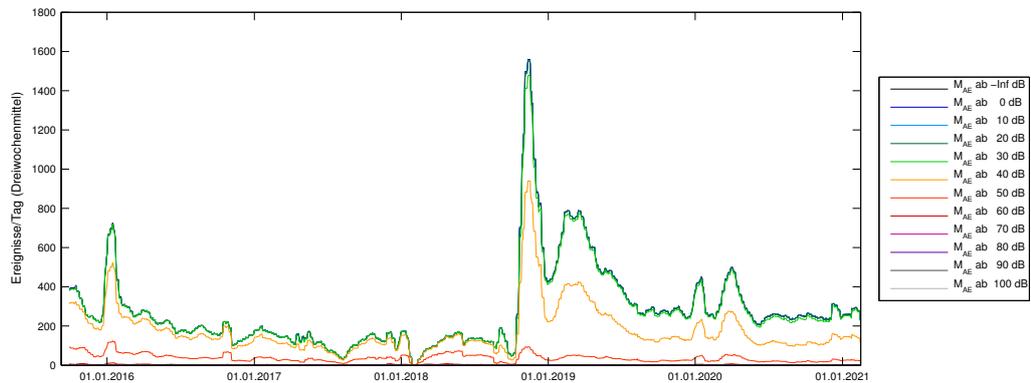


Bild 51: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich Salz-Deckgebirge südlich des Abbaus 4/490 vom 09.09.2015 bis 14.02.2021 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen).

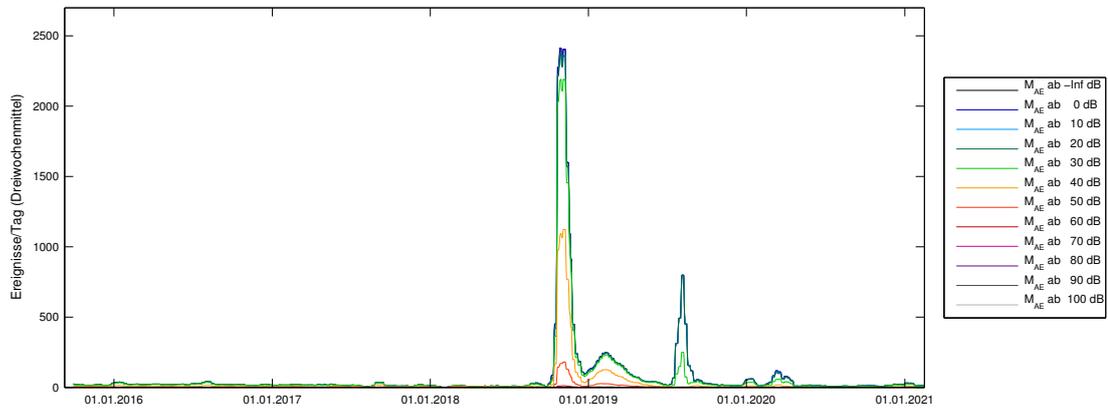
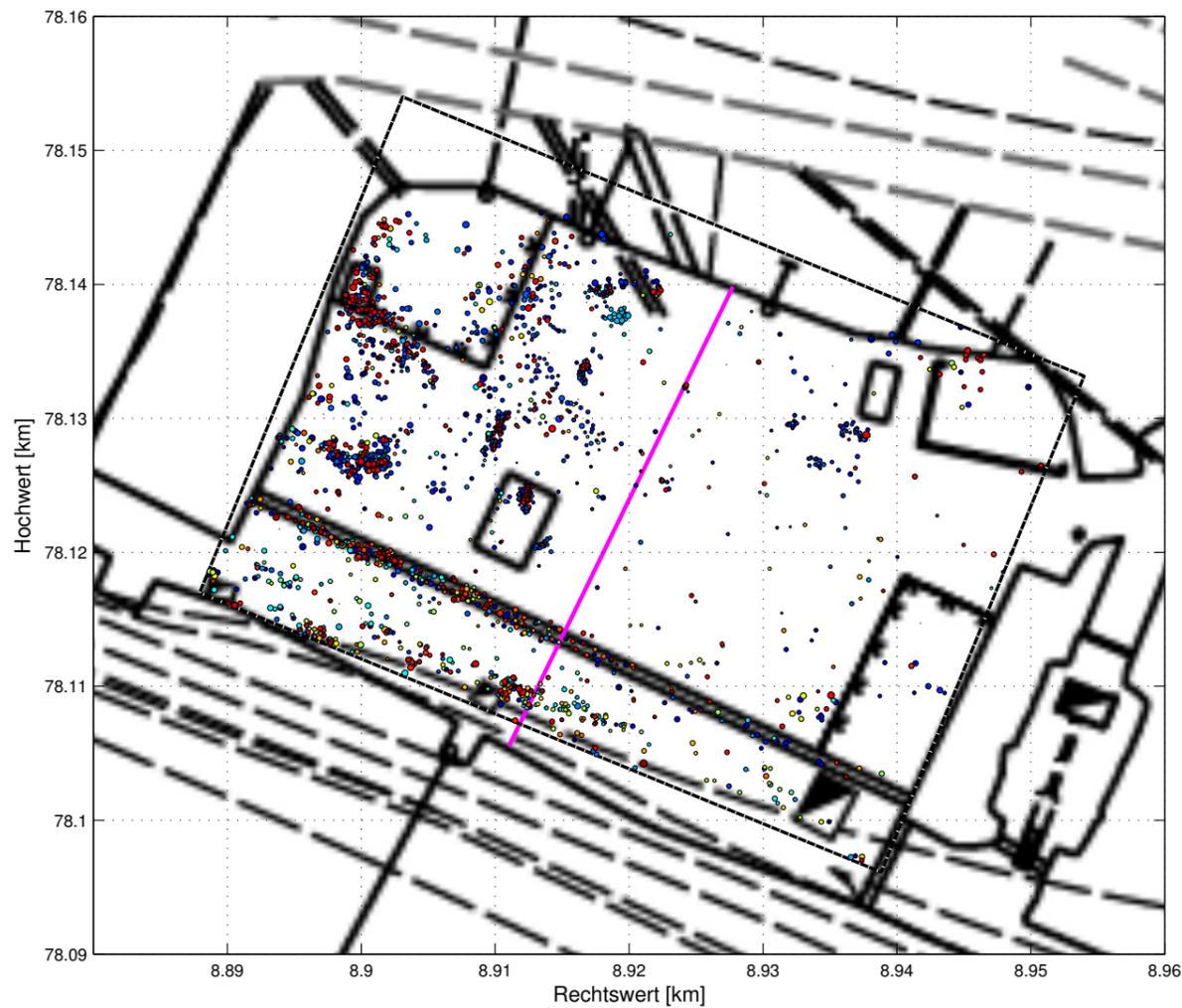


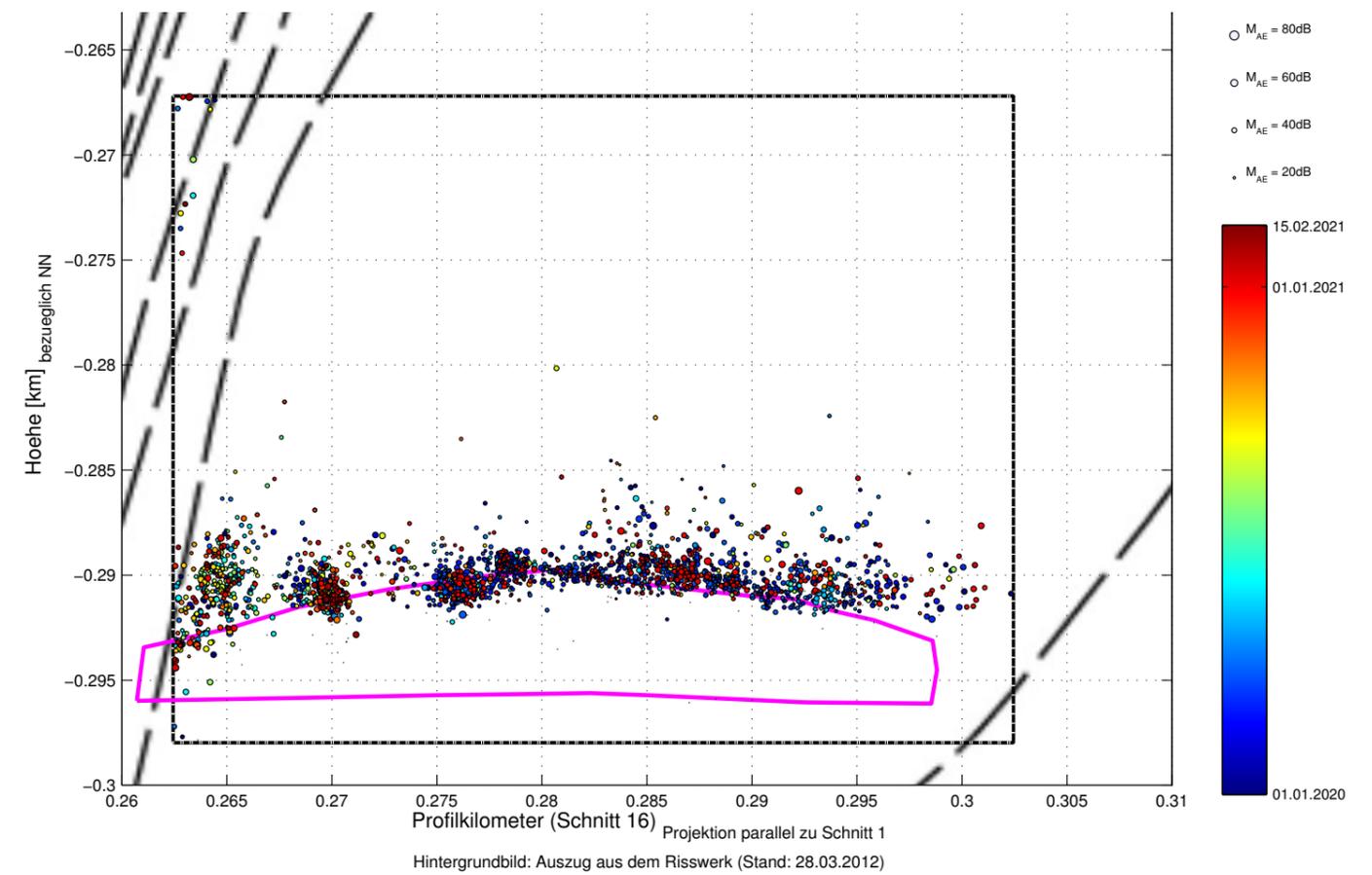
Bild 52: Nach Relativmagnituden aufgeschlüsselte, über drei Wochen gemittelte Raten der mikroakustischen Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 (ohne angrenzende Pfeiler, aber einschließlich des Stützbauwerks im südlichen Teil des Abbaus) vom 09.09.2015 bis 14.02.2021 (Hochrechnung aus den Betriebsruhephasen; Gebietsgrenzen siehe Bilder 53 und 54 auf Blatt 305).



Hintergrundbild: 490-m-Sohlen-Niveau – Auszug aus dem Risswerk (Stand: 11.02.2019)

Das mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandete Rechteck ist die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens. Die pinke Profillinie gibt den Verlauf der in Bild 54 in pink dargestellten Abbaukontur an.

*Bild 53: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 in Betriebsruhephasen vom 1. Januar 2020 bis 14. Februar 2021 projiziert auf die 490-m-Sohle (Farblgende: Siehe Bild 54).*



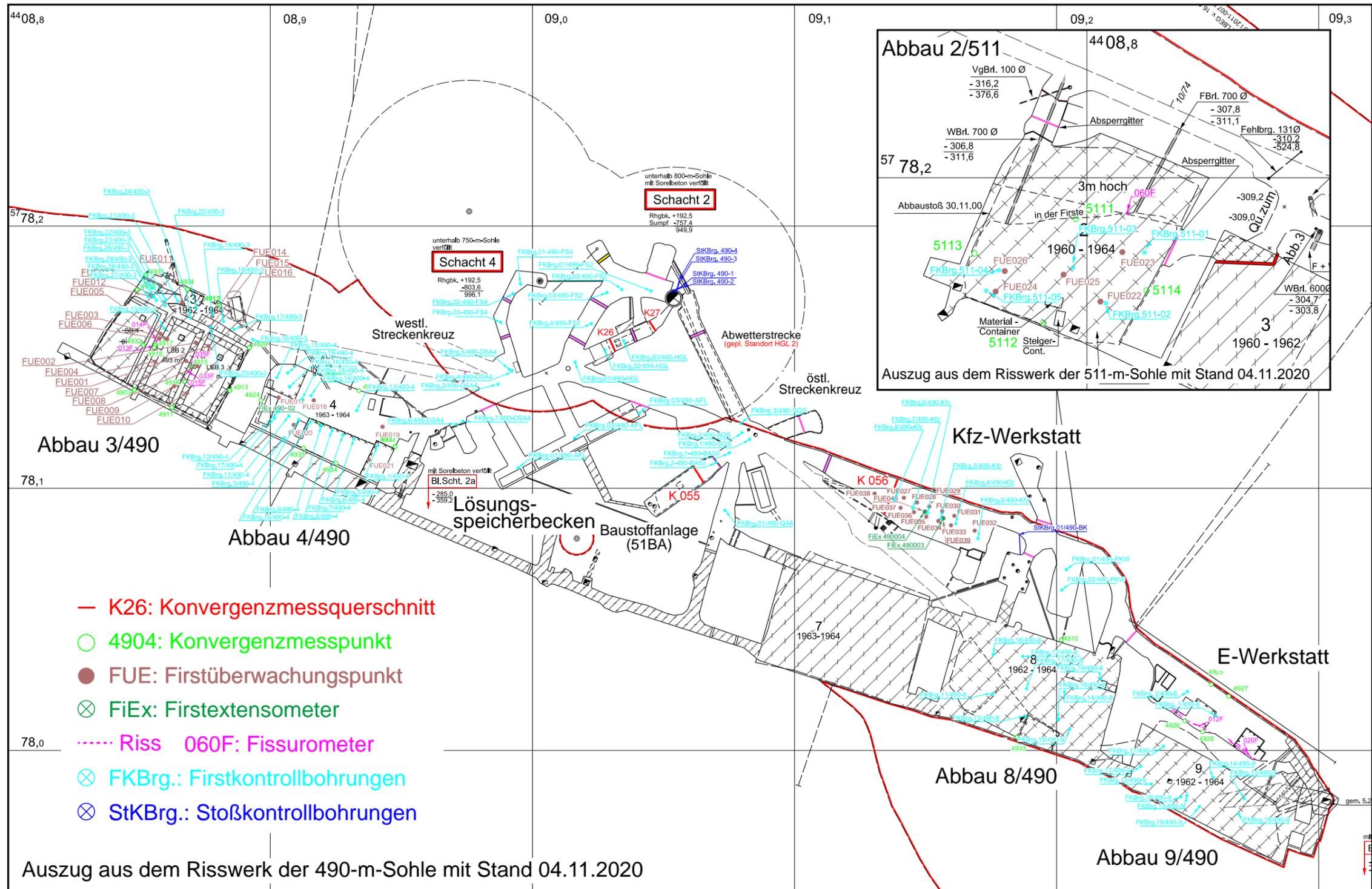
Hintergrundbild: Auszug aus dem Risswerk (Stand: 28.03.2012)

In pink ist der Verlauf der auf einem querschlägigen Profil (vgl. Bild 53) vor der Erstellung des Stützbauwerks im Süden des Abbaus 4/490 marscheiderisch eingemessenen Abbaukontur eingezeichnet (vgl. Bild 53). Die räumliche Begrenzung des betrachteten Volumens ist im Sohlenriss als mit schwarzen feingestrichelten Linien umrandetes Rechteck dargestellt.

*Bild 54: Mikroakustische Ereignisse im Bereich der Firste des Abbaus 4/490 in Betriebsruhephasen vom 1. Januar 2020 bis 14. Februar 2021 projiziert auf einen Seigerschnitt ungefähr senkrecht zum Streichen durch Abbau 4/490.*

**Anhang 7: Infrastrukturbereiche am oberen Baufeldrand**

**Anhang 7.1: Lageplan der geotechnischen Messstellen auf der 490-m-Sohle und im Abbau 2/511 auf der 511-m-Sohle, Stand Dezember 2020**



Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

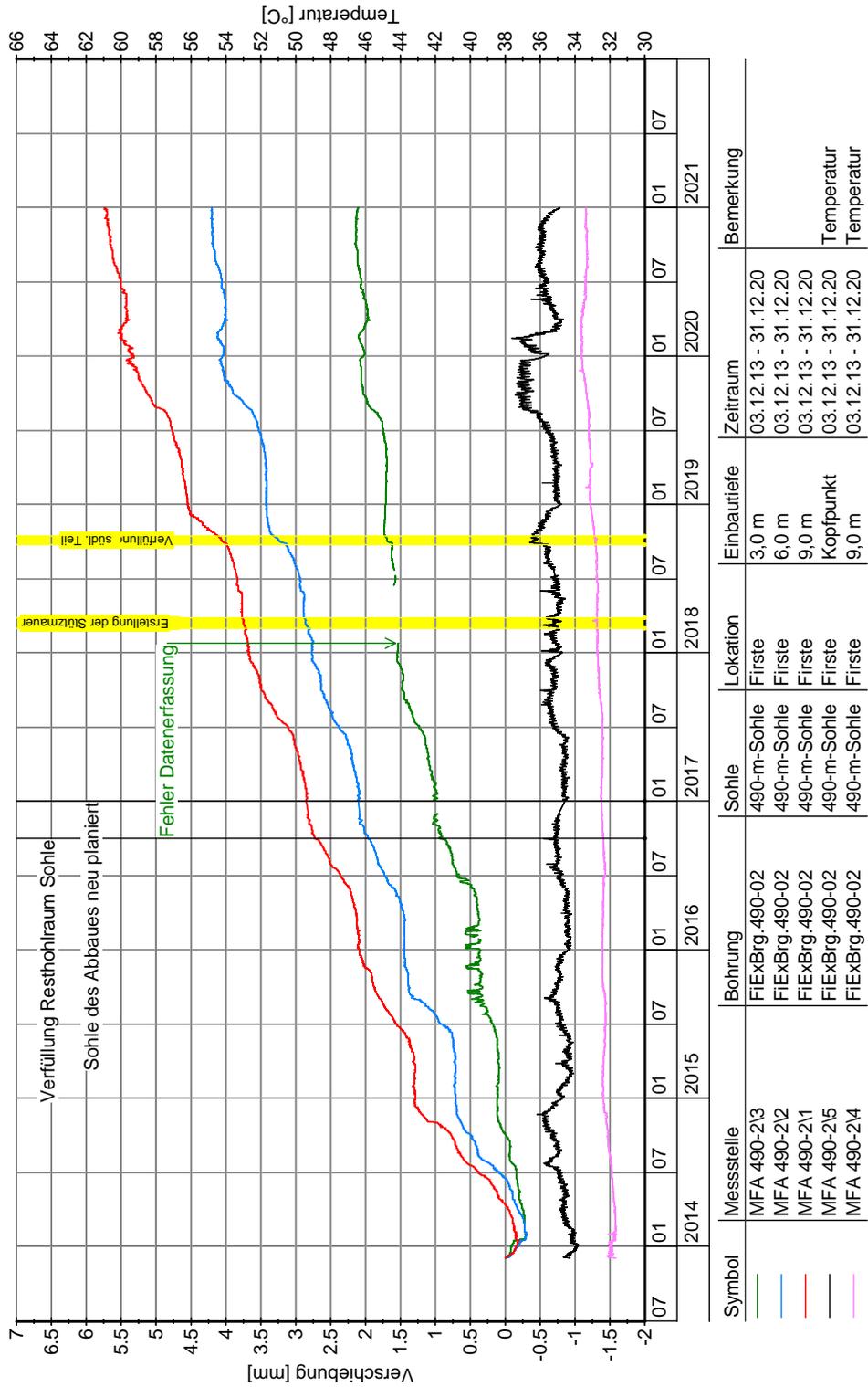
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 307

### Anhang 7.2: Ergebnisse der Firstextensometermessungen

## Extensometer- und Temperaturmessungen

Firste Abbau 4/490, FiEx. 490-02

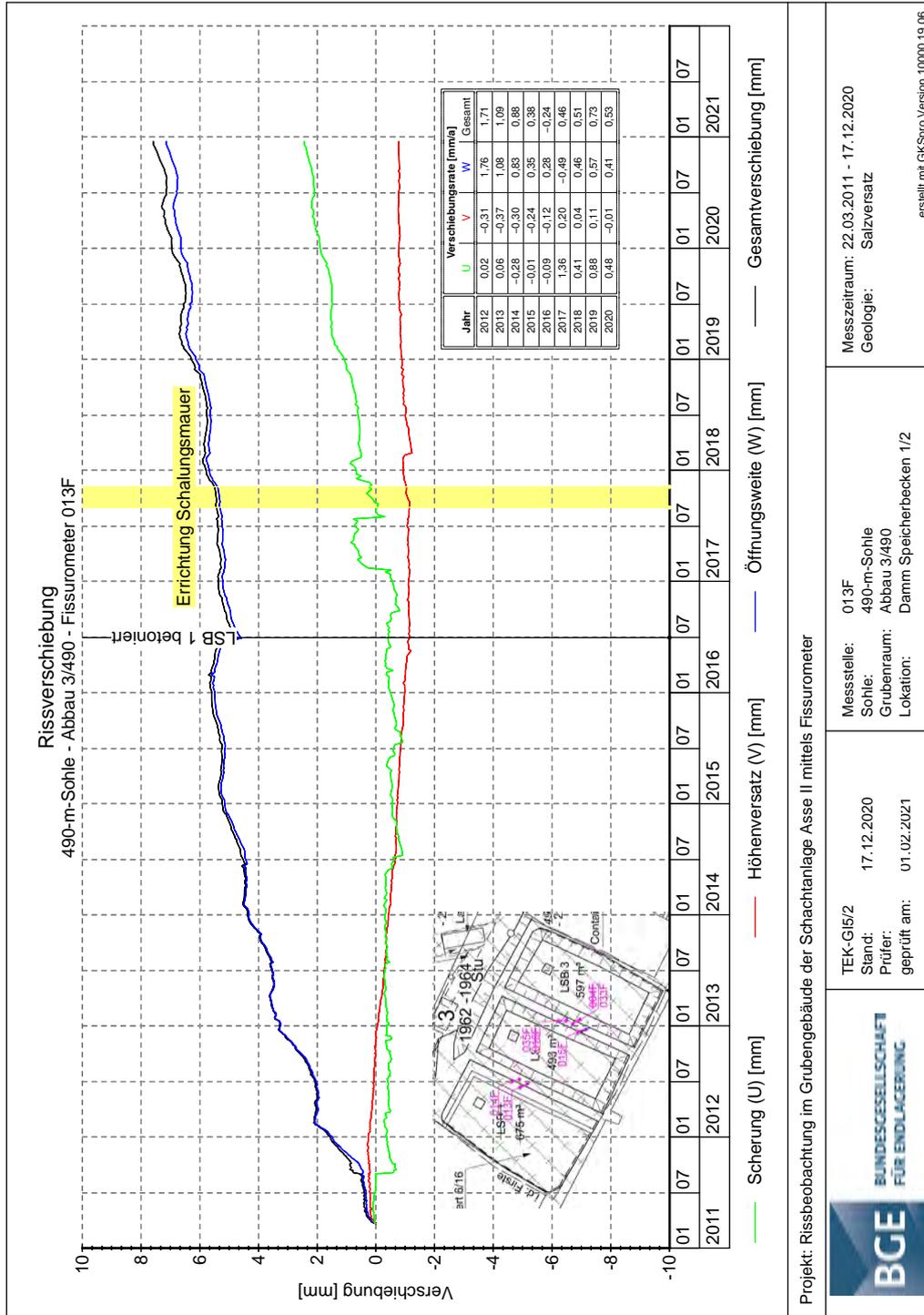


Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

### Anhang 7.3: Ergebnisse der Fissurometermessungen

#### Abbau 3/490

#### Fissurometer 013F

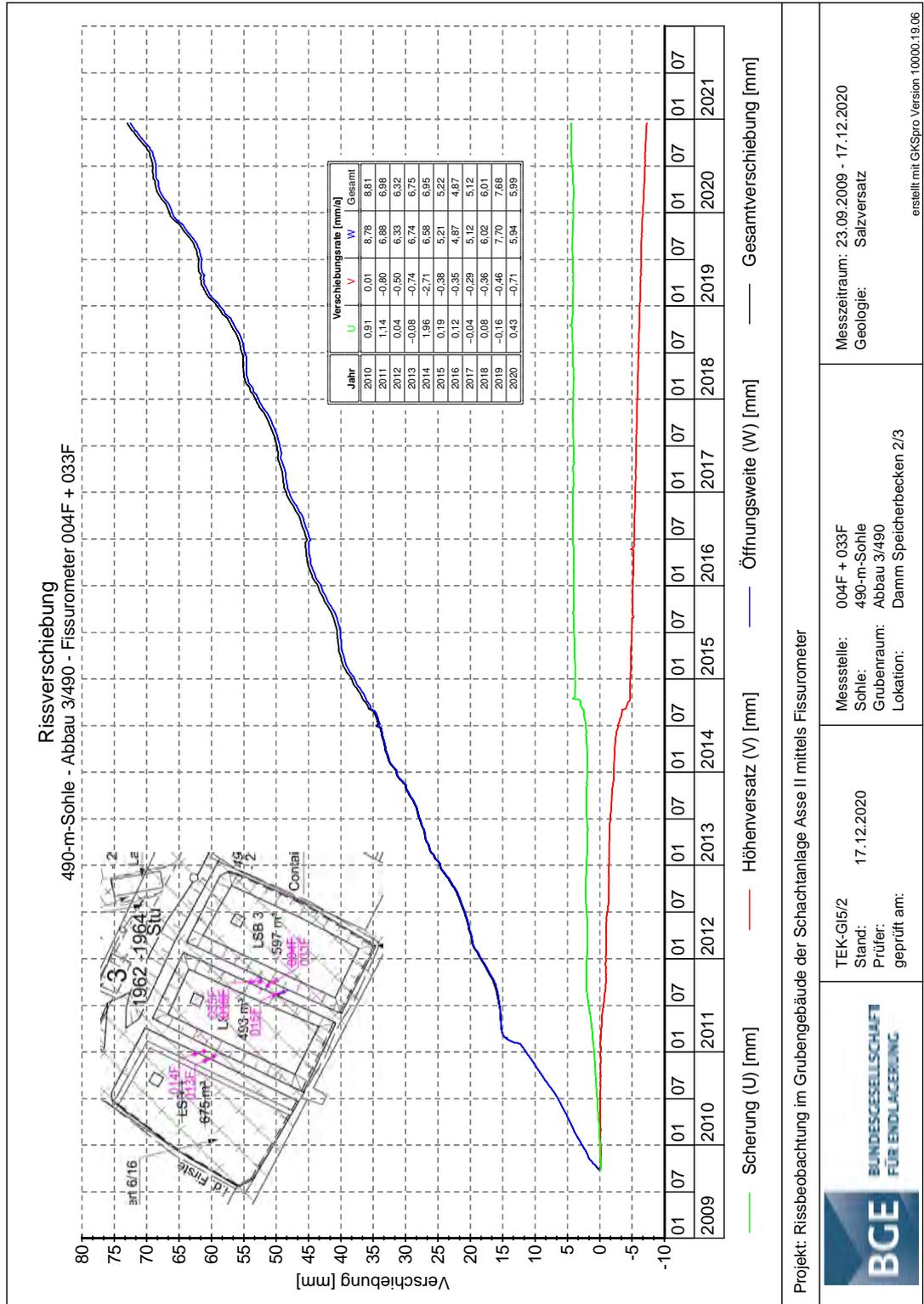


Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer

<p><b>BGE</b> <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b></p>	<p>TEK-GI5/2 Stand: 17.12.2020 Prüfer: 01.02.2021</p>	<p>Messstelle: 013F Sohle: 490-m-Sohle Grubenraum: Abbau 3/490 Lokation: Damm Speicherbecken 1/2</p>	<p>Messzeitraum: 22.03.2011 - 17.12.2020 Geologie: Salzversatz</p>
	<p>erstellt mit GKSpore Version 10000.19.06</p>		

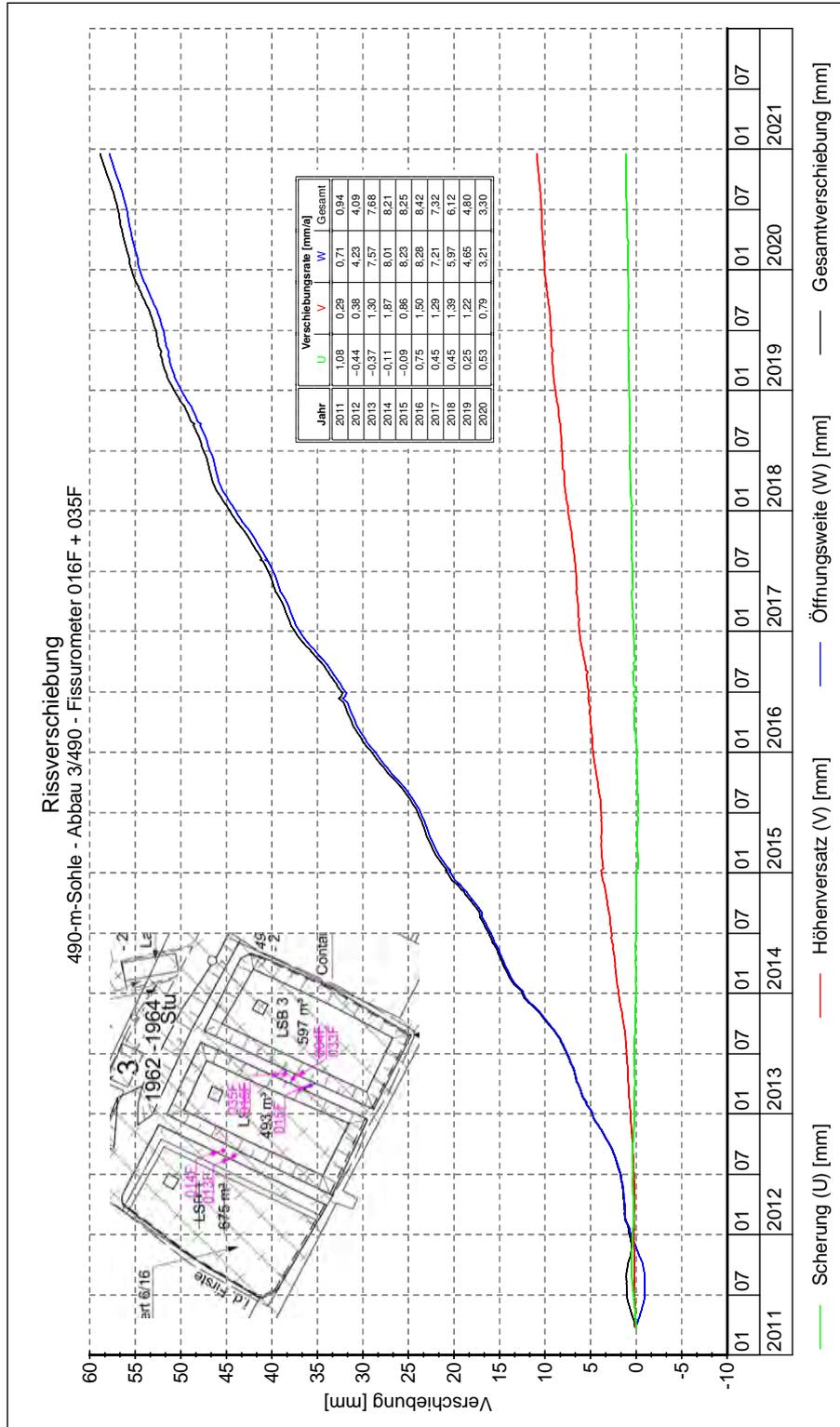
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

**Fissurometer 004F und 033F**



Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

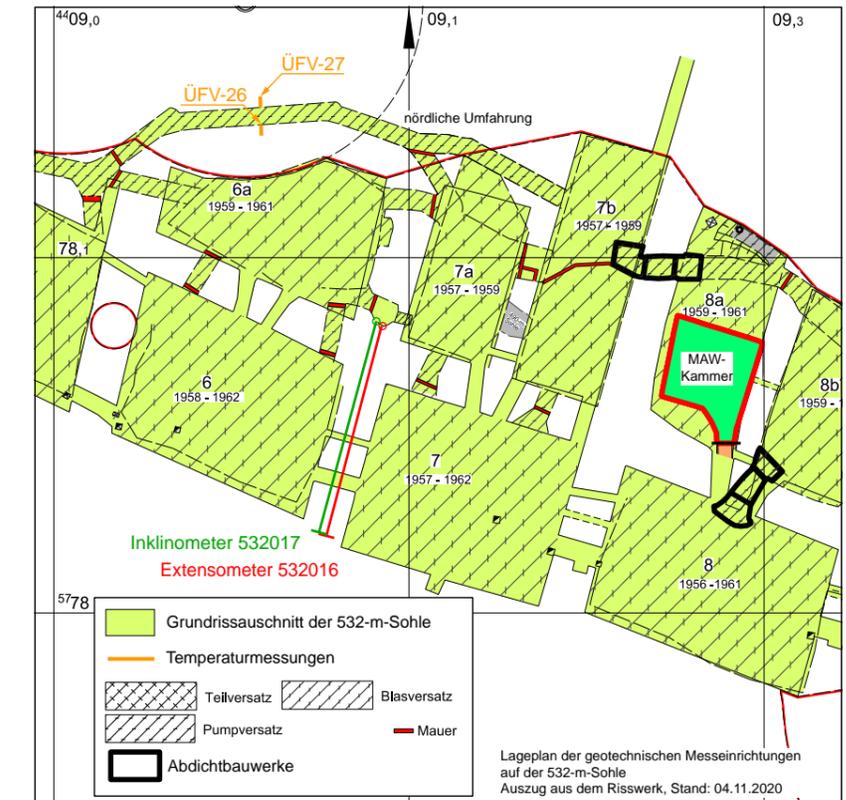
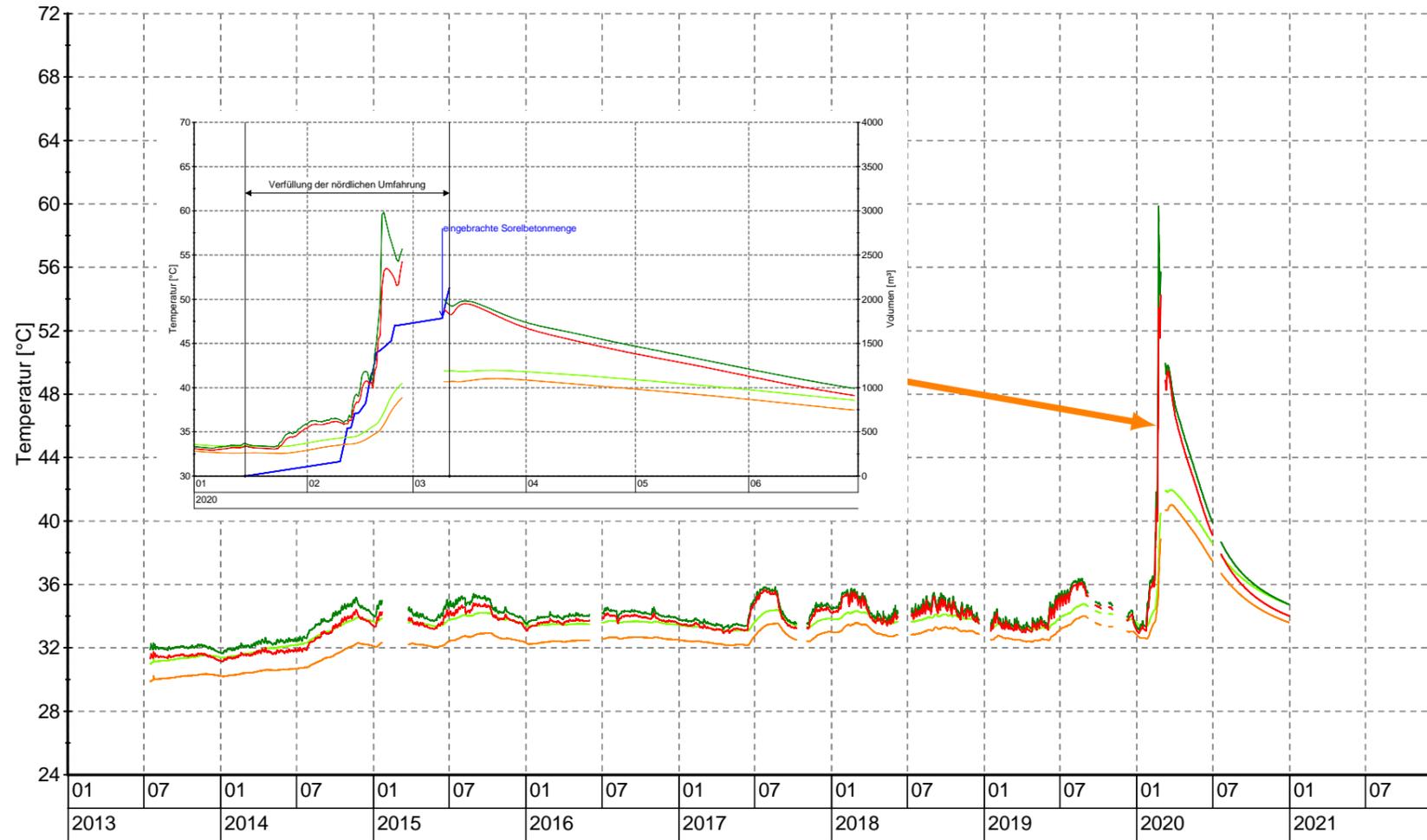
**Fissurometer 016F und 035F**



		Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II mittels Fissurometer Messzeitraum: 24.03.2011 - 17.12.2020 Geologie: Salzversatz
TEK-G16/2 Stand: 17.12.2020 Prüfer: geprüft am: 01.02.2021	Messstelle: 016F + 035F Sohle: 490-m-Sohle Grubenraum: Abbau 3/490 Lokation: Damm Speicherbecken 2/3	erstellt mit GKSpro Version 10000.19.06

### Anhang 8: Nebenabbaue auf der 532-m-Sohle

Temperaturmessungen  
nördliche Umfahrung auf der 532-m-Sohle

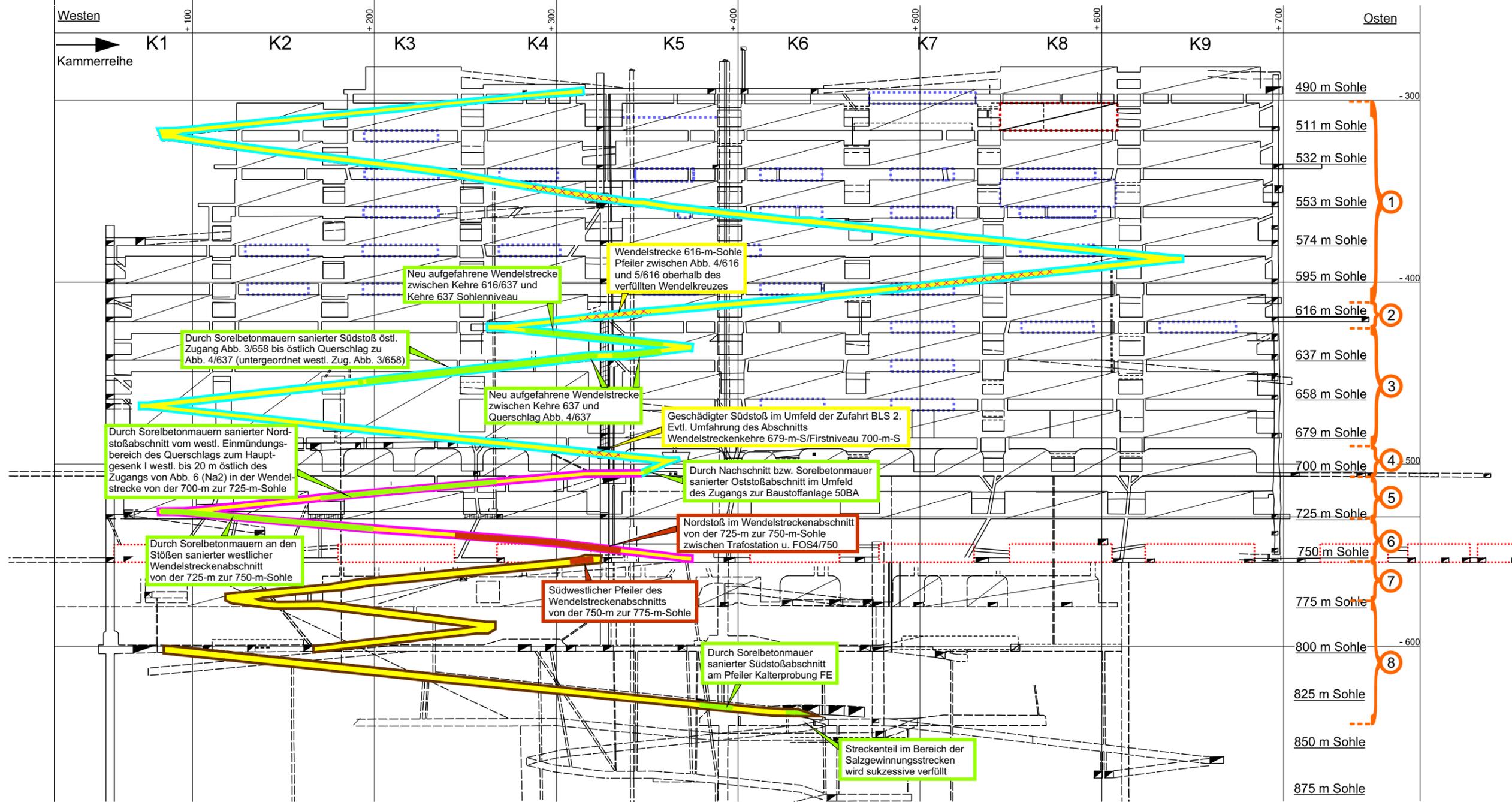


Symbol	Messstelle	Sohle	Grubenraum	Bohrung	Einbautiefe [m]	Messzeitraum
—	ÜFV-27-6a/532-01	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-27-6a/532	3,00	16.07.2013 - 31.12.2020
—	ÜFV-27-6a/532-02	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-27-6a/532	1,00	16.07.2013 - 31.12.2020
—	ÜFV-26-6a/532-03	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-26-6a/532	3,00	16.07.2013 - 31.12.2020
—	ÜFV-26-6a/532-04	532-m-Sohle	Umfahrung Nebenabbau 6a/532	ÜFV-26-6a/532	1,00	16.07.2013 - 31.12.2020

### Anhang 9: Gebirgsmechanische Situation – Wendelstrecke (490- – 850-m-Sohle)

#### Anhang 9.1: Sanierungsbedarf der Wendelstrecke (Darstellung: Schnitt 1)

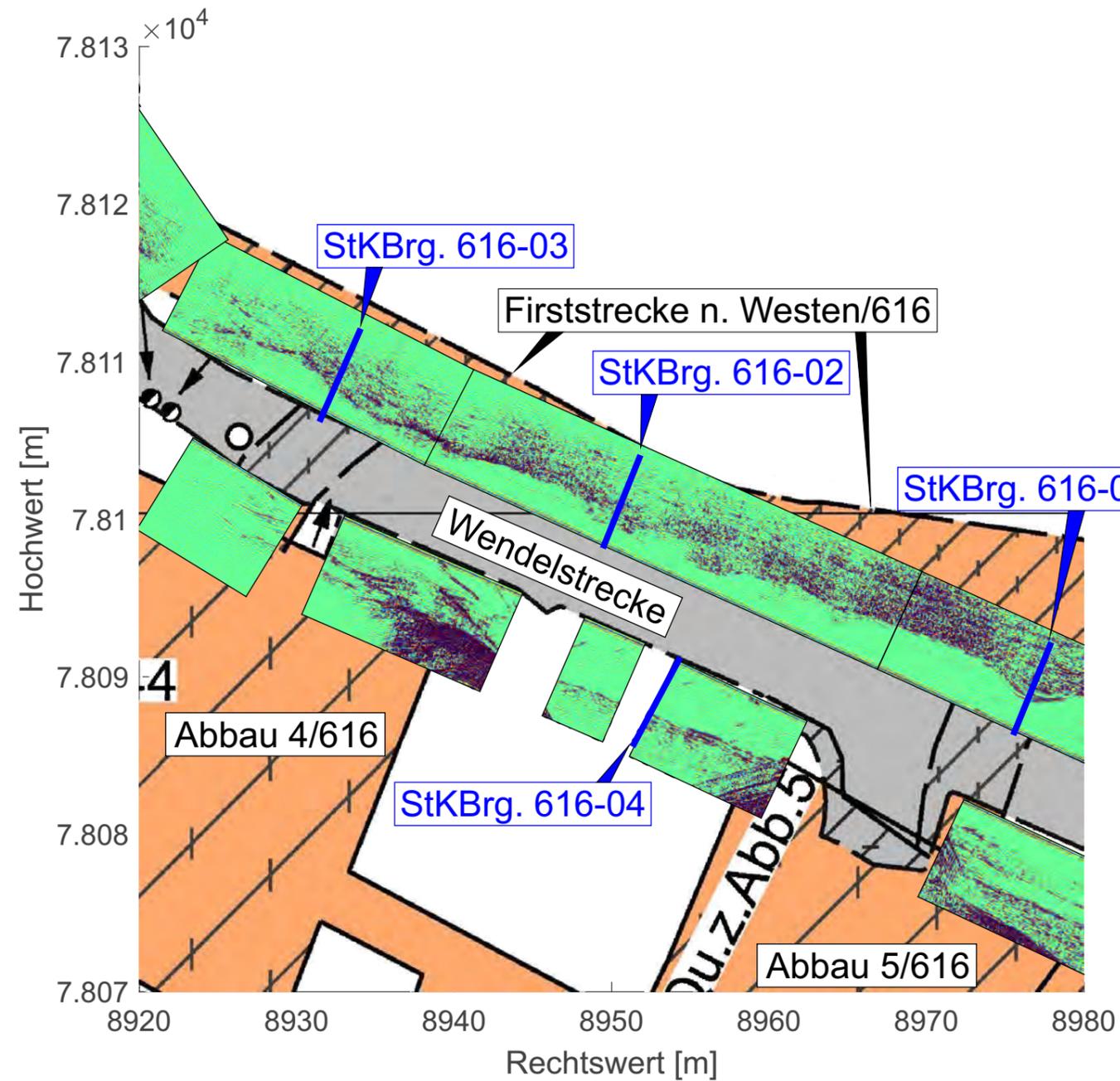
Verlauf der Wendelstrecke, dargestellt im vereinfachten streichenden Seiger- und Längsschnitt ① der Schachtanlage Asse II



- Langfristig offenzuhaltener Bereich mit kontinuierlichem intensiven Sanierungs- und Monitoringbedarf
- Derzeitig Verfüllung von Beginn 2027 bis Mitte 2028 vorgesehen. Offenhaltung bis dahin unter intensivem Monitoringbedarf und mit vereinzelt vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen
- Derzeitig Verfüllung von Mitte 2024 bis Ende 2025 vorgesehen. Offenhaltung bis dahin unter intensivem Monitoringbedarf, Sanierungsmaßnahmen nur bei akutem Erfordernis
- Gebrauchstauglichkeit wurde durch umfassende Sanierung weitgehend nachhaltig gewährleistet
- Gebrauchstauglichkeit aktuell gegeben, ggf. sind zeitnah Sanierungsmaßnahmen notwendig
- Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit nur unter kurzfristiger Durchführung von Maßnahmen bzw. Sofortmaßnahmen gegeben
- Stöße mit signifikanten Rissen bzw. Abschalungen ohne ausreichende Ankerung
- Schwebendurchbruch
- Einlagerungskammer
- Zuordnung der betrachteten Wendelstreckenabschnitte nach Sohlen

Bearbeiter:  
Grundlage: Ausschnitt aus vereinfacht. Seiger- und Längsschnitt 1 (Marscheiderei, Stand 01.2019)

**Anhang 9.2: Geschädigter Wendelstreckenabschnitt Pfeiler 4/5 616-m-S mit Lage der Georadarprofile und Stoßkontrollbohrungen**



Wendelstreckenabschnitt im Bereich des Pfeilers 4/5 auf der 616-m-Sohle mit Profilen der Georadaruntersuchungen am Nord- und Südstoß (grün) sowie Lage der daraufhin gestoßenen Stoßkontrollbohrungen SKBrg. 616-01 bis SKBrg. 616-04

Grundlage: Ausschnitt Sohlenriss 616-m-Sohle (Markscheiderei, Stand 10.2020)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 314

**Anhang 9.3: Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen FKBrG. 637-30, 725-19, 750-50, 750-53, 750-54 und 775-11**



*Bild 55: Riss mit geringer Öffnungsweite von ca. 1 mm (FKBrG.637-30, Teufe: 0,20 m)*



*Bild 56: Salzausblühungen in feuchter Kontur (FKBrG.725-19, Teufe: 0,30 m)*



*Bild 57: Riss mit Öffnungsweite von ca. 1 bis 2 mm (FKBrG.750-50, Teufe: 1,90 m)*



*Bild 58: Riss mit Öffnungsweite von ca. 1 bis 2 mm (FKBrG.750-53, Teufe: 1,30 m)*



*Bild 59: Riss mit geringer Öffnungsweite (FKBrG.750-54, Teufe: 2,40 m)*



*Bild 60: Ausblühungen an beanspruchter Kontur (FKBrG.775-11, Teufe: 0,70 m)*

**Anhang 9.4: Ausgewählte Abbildungen der Sohlkontrollbohrungen SKBrg. 553-01, 553-02, 616-01 sowie Stoßkontrollbohrungen StKBrg. 750-64, 750-65 und 750-66**



Bild 61: Übergang in Versatz der Firststrecke n. W./616, westl. Zugang Abb. 4/616 (SKBrg.553-01, Teufe: 63,20 m)



Bild 62: Übergang in Firststrecke n. W./616 mit Firstspalt, östl. Zugang Abb. 4/616 (SKBrg.553-02, Teufe: 79,80 m)



Bild 63: Firstspalt im Übergang Salz/Sorelbeton, Firstniveau 637-m-S (SKBrg.616-01, Teufe: 16,70 m)



Bild 64: Risse mit Öffnungsweiten von ca. 2 bis 4 mm (StKBrg.750-64, Teufe: 0,10 m)

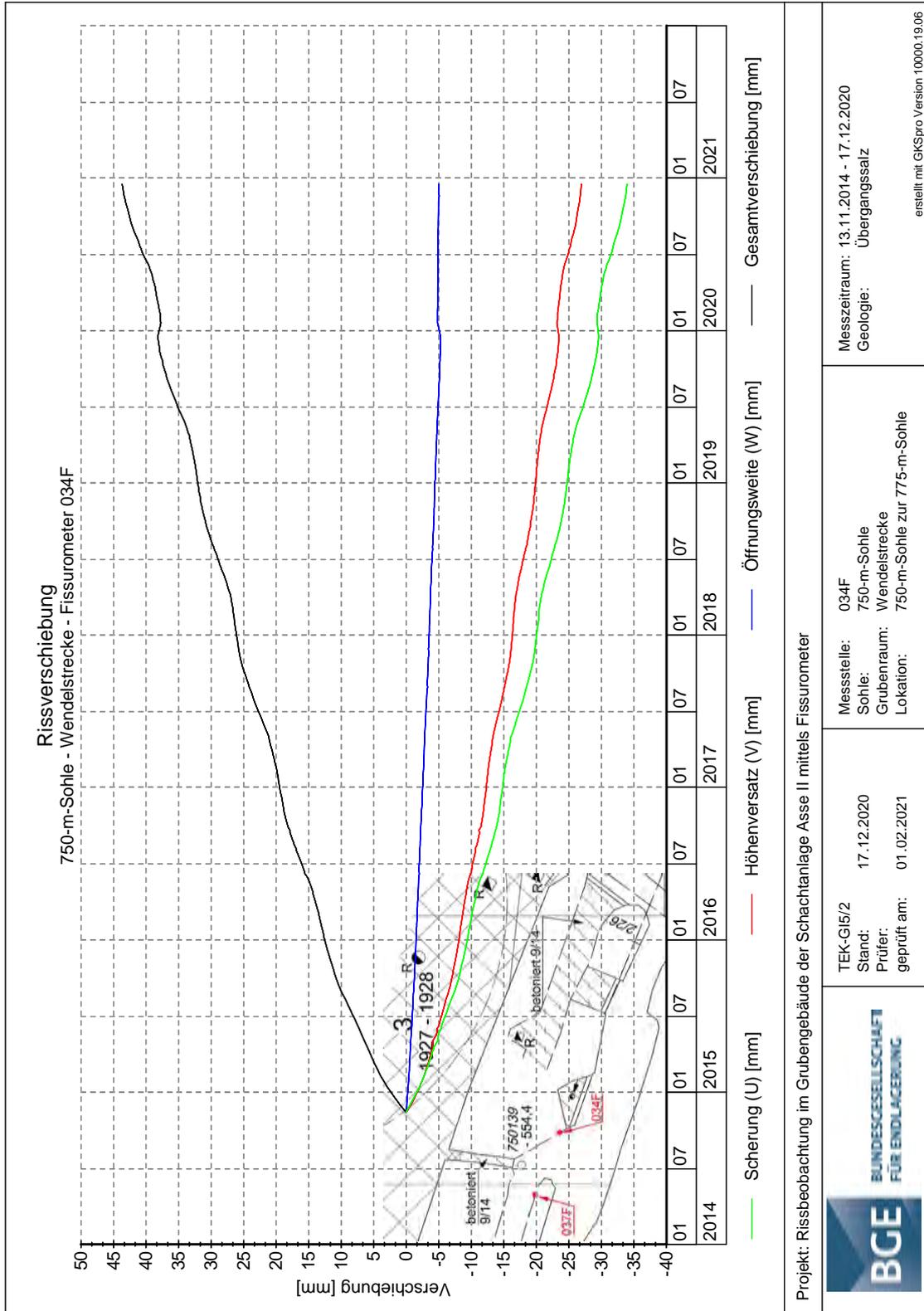


Bild 65: Riss mit geringer Öffnungsweite (StKBrg.750-65, Teufe: 6,00 m)

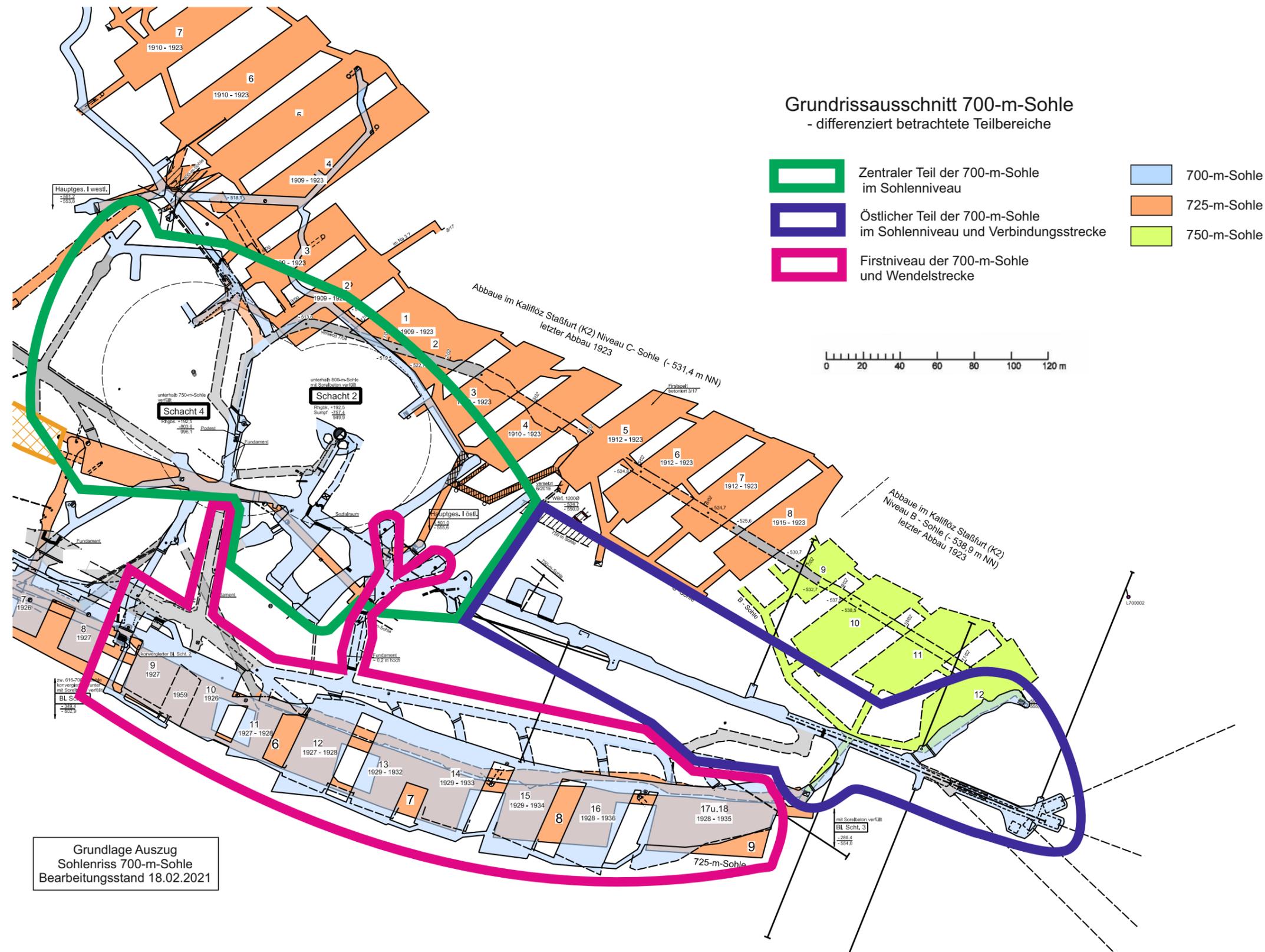


Bild 66: Salzausblühungen in feuchter Kontur (StKBrg.750-66, Teufe: 5,20 m)

**Anhang 9.5: Ergebnisse der Fissurometermessungen (exemplarisch)**



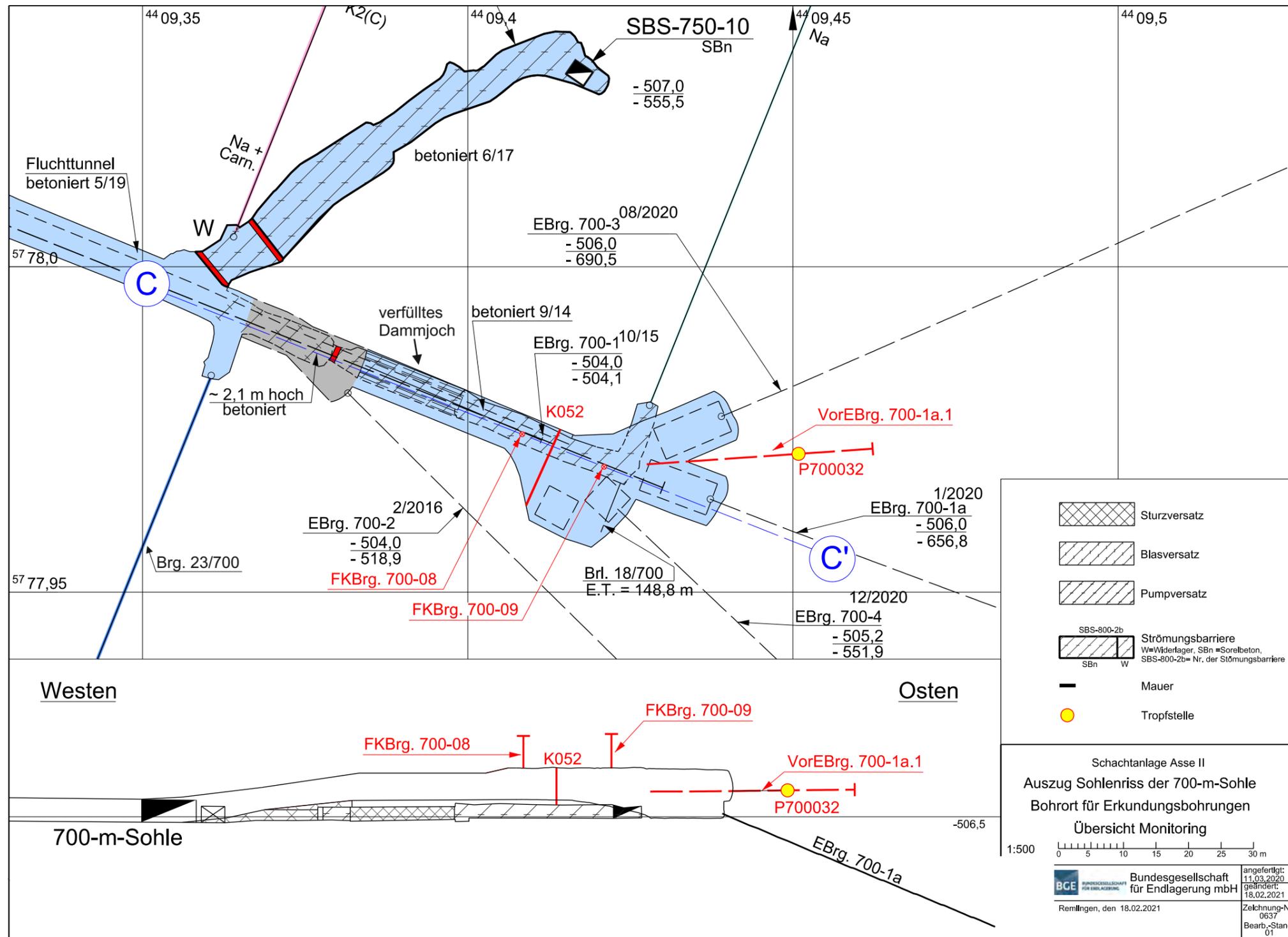
### Anhang 9.6: Lage der Monitoring-Teilbereiche







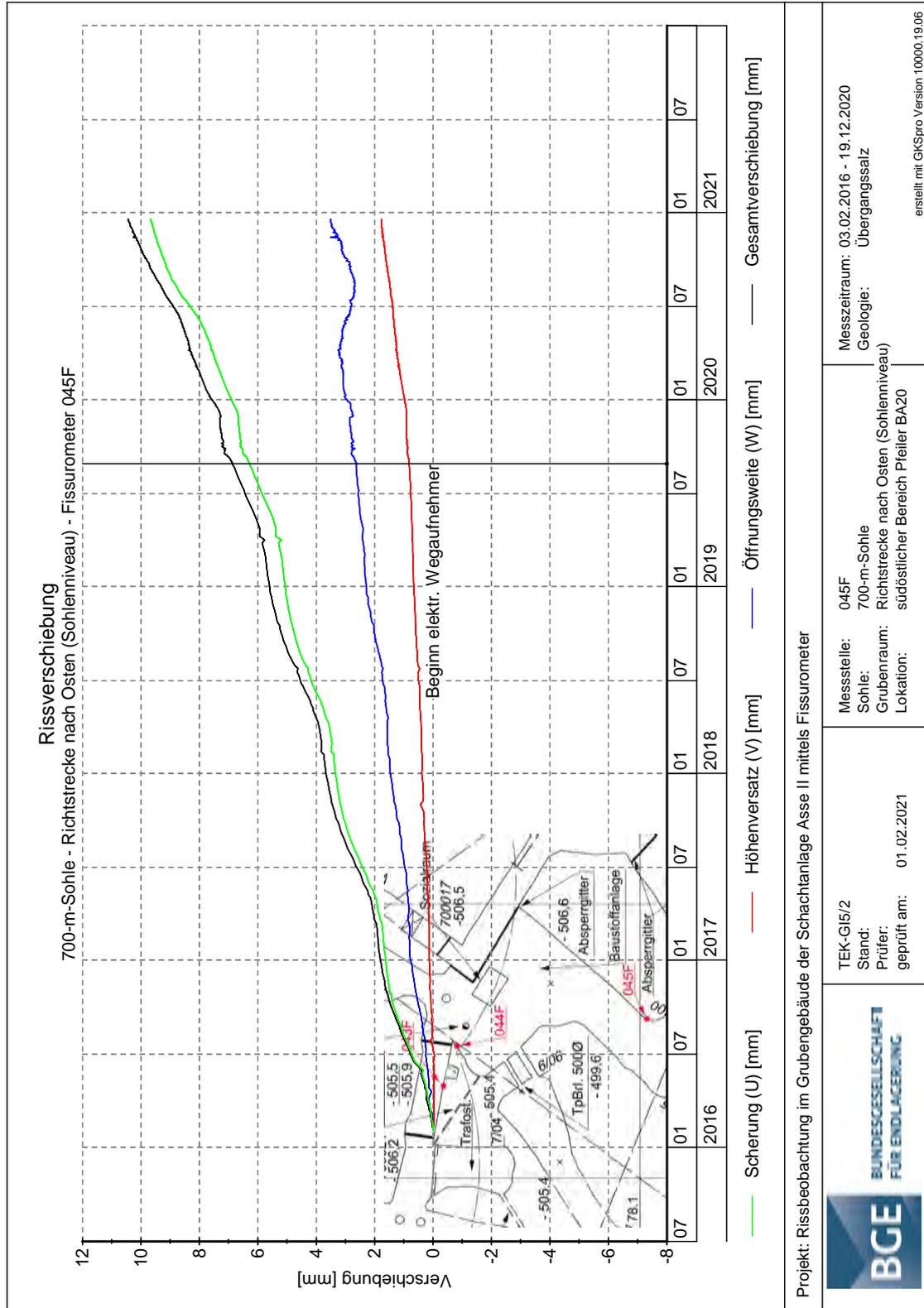
**Anhang 9.9: Rissausschnitt der 700-m-Sohle mit Bohrort (Auffahrungsstand 3. Phase) und Lage der Erkundungsbohrungen**



Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00



Anhang 9.10: Fissurometermessungen



### Anhang 10: Füllort Schacht 2 auf der 750-m-Sohle

#### Anhang 10.1: Lage der Beobachtungs- und Messpunkte

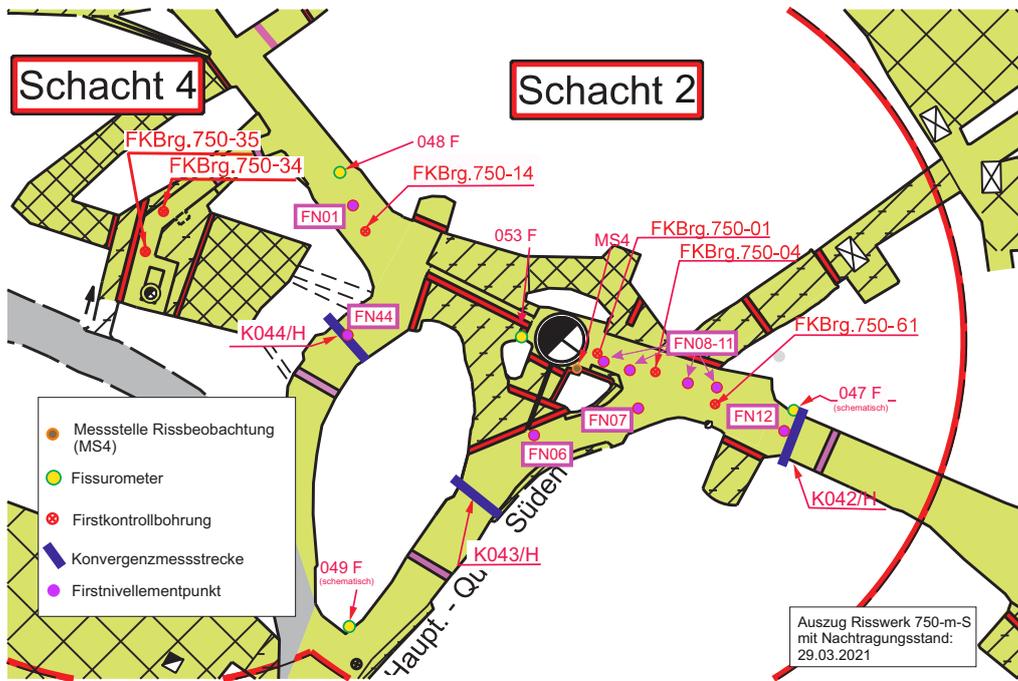


Bild 67: Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle mit Messbohrungen und -systemen

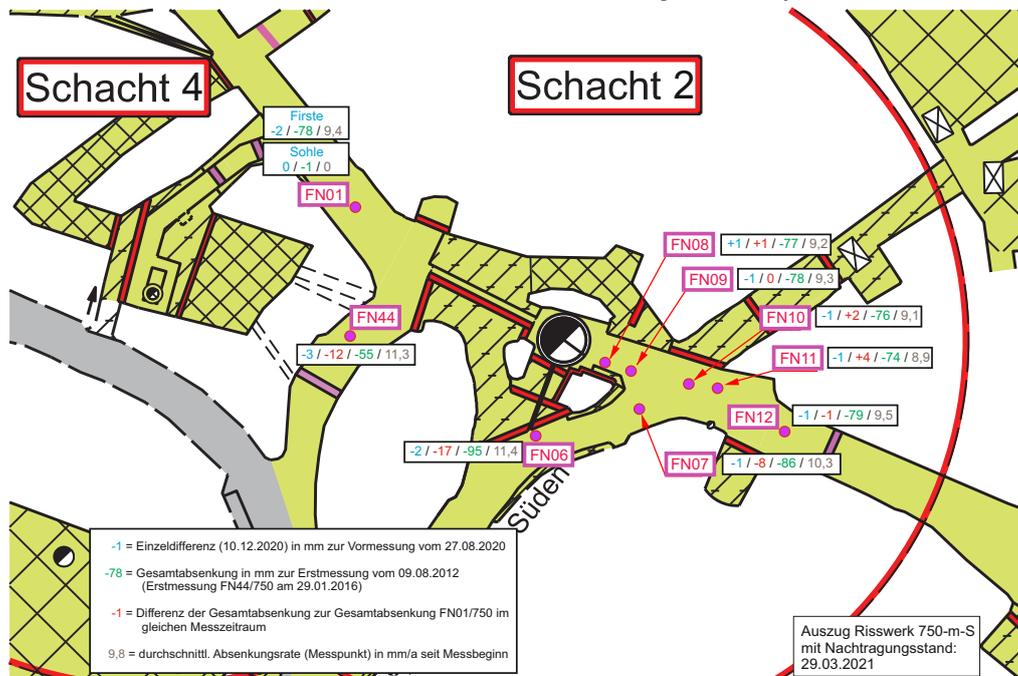


Bild 68: Grundrissausschnitt 750-m-S mit Lage / Senkungsdifferenzen der Firstnivellelementpunkte (Messpunkte abgekürzt ohne Angabe der Sohle (/750) dargestellt)

Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 323

### Anhang 10.2: Ausgewählte Abbildungen der Firstkontrollbohrungen



*Bild 69: Spuren des Bohrvorgangs und anhaftendes Bohrmehl (FKBrg.750-01, Teufe: 2,20 m)*



*Bild 70: Beginnende Ausblühungen in leicht feuchter Bohrlochkontur (FKBrg.750-04, Teufe: 2,70 m)*



*Bild 71: Zunehmend rundum verlaufende Haarrisse (FKBrg.750-14, Teufe: 0,20 m)*



*Bild 72: Beginnende Ausblühungen in leicht feuchter Bohrlochkontur (FKBrg.750-61, Teufe: 2,80 m)*

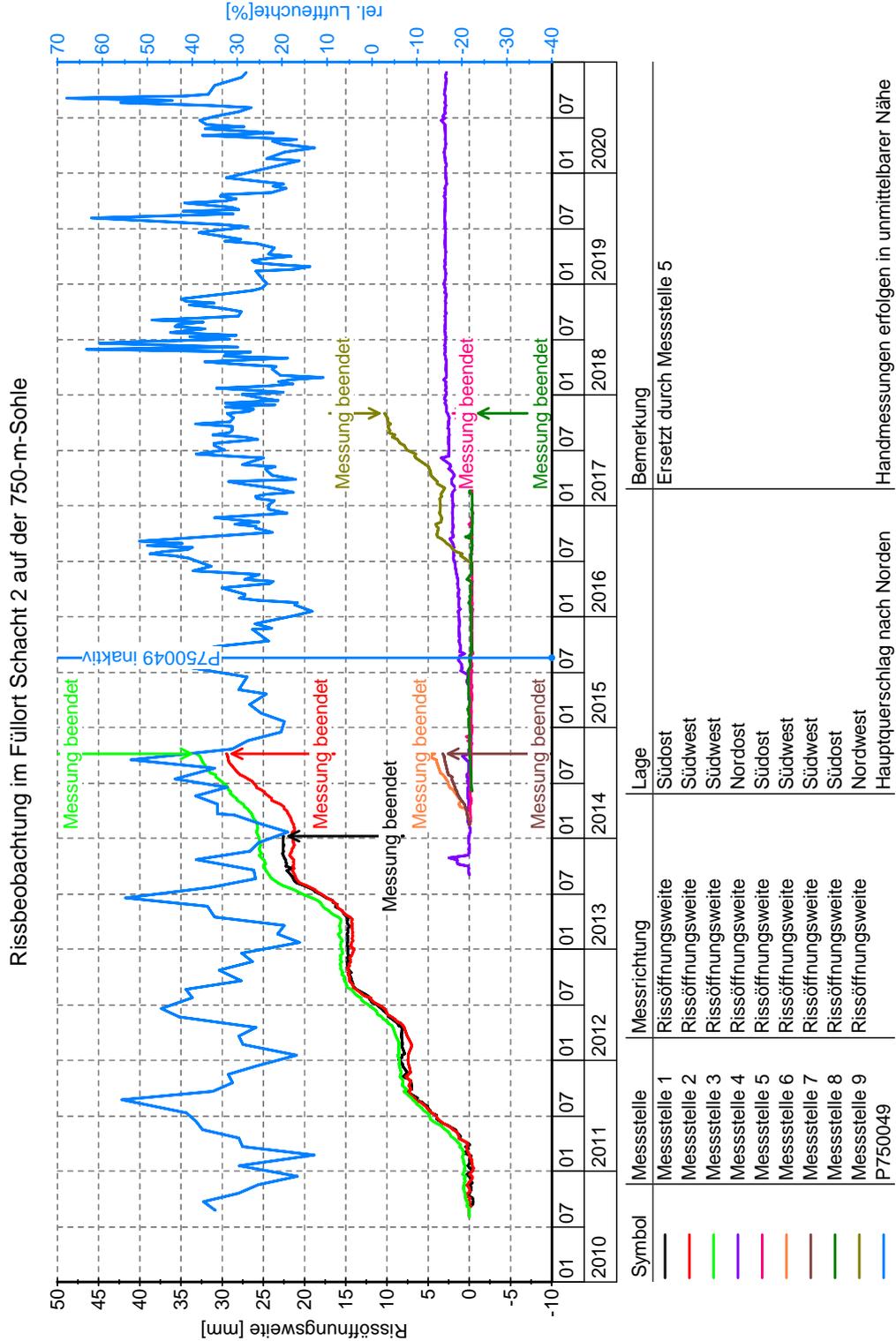


*Bild 73: Geöffneter Riss, Öffnungsweite bis ca. 3 mm (FKBrg.750-34, Teufe: 0,10 m)*

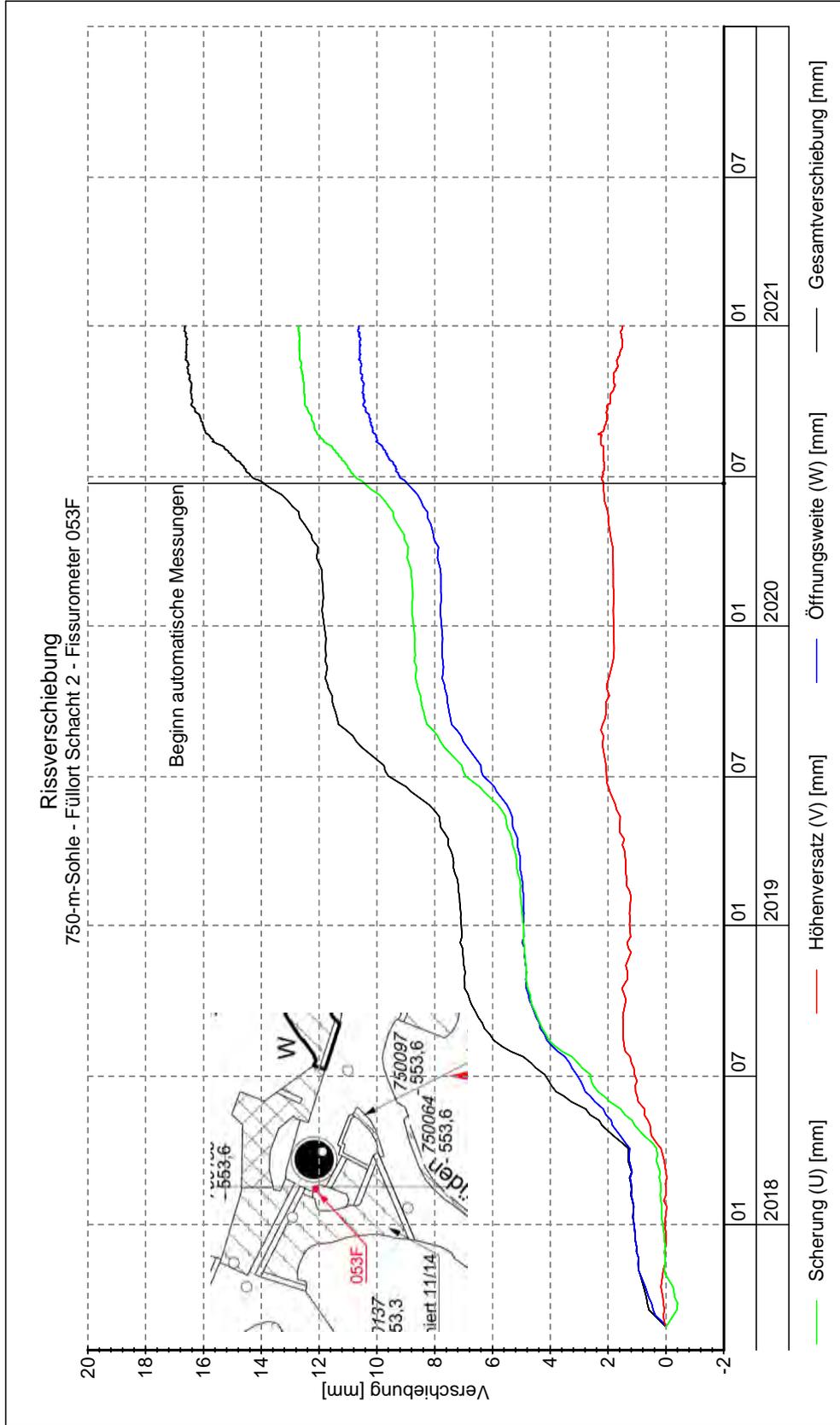


*Bild 74: Rissförmiger Konturausbruch (FKBrg.750-35, Teufe: 0,60 m)*

### Anhang 10.3: Ergebnisse der Rissbeobachtungen



Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00

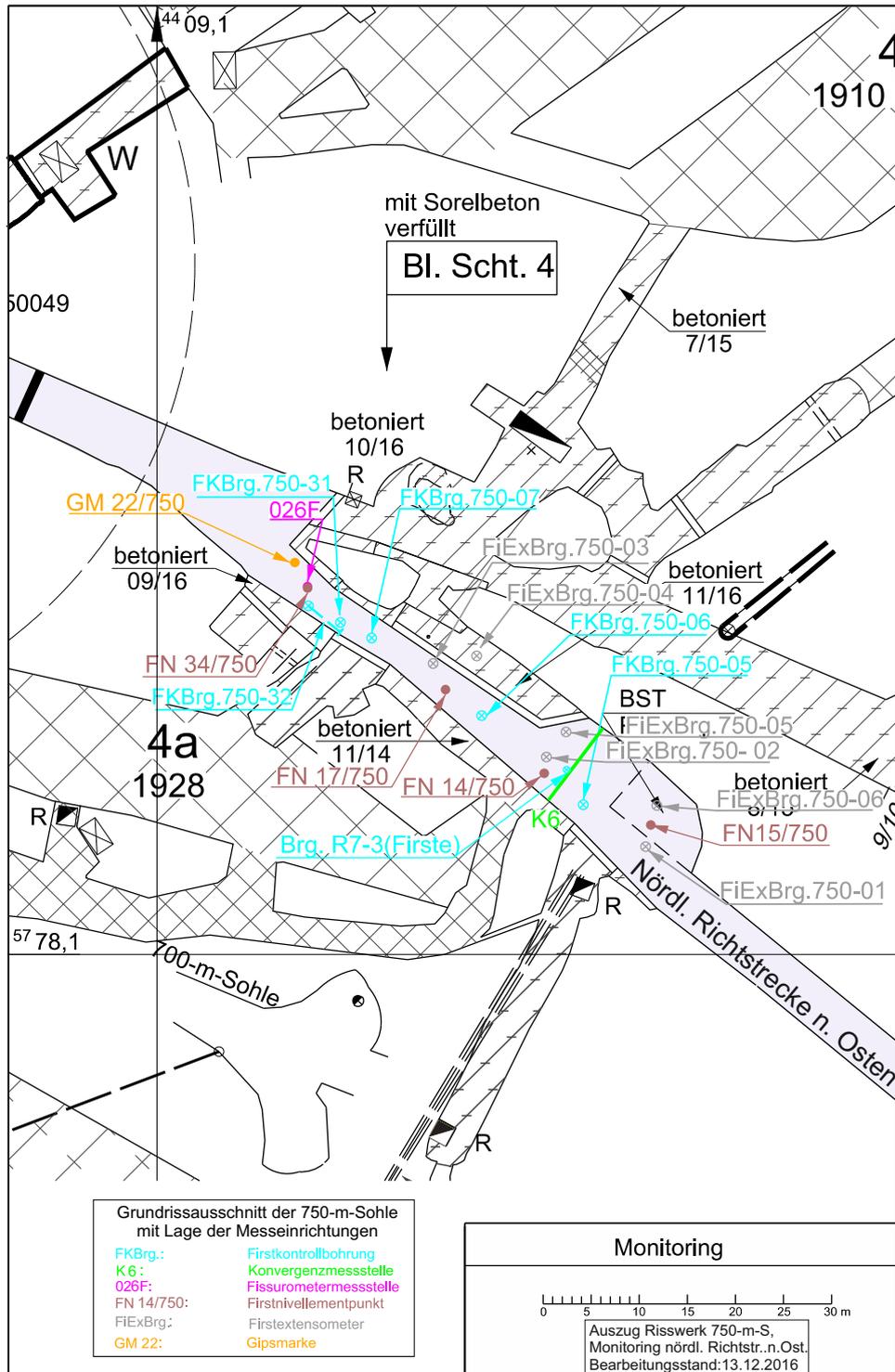


Projekt: Rissbeobachtung im Grubengebäude der Schachanlage Asse II mittels Fissurometer

	TEK-G15/2 Stand: Prüfer: geprüft am:	Messstelle: 053F Sohle: 750-m-Sohle Grubenraum: Füllort Schacht 2 Lokation: südl. Stoß n. Durchgang Schacht 4	Messzeitraum: 29.08.2017 - 31.12.2020 Geologie: Leine Steinsalz
	erstellt mit GKSpro Version 10000.19.06		

### Anhang 11: Nördliche Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle

#### Anhang 11.1: Grundrissausschnitt der 750-m-Sohle mit Lage der Messbohrungen und Messsysteme im Umfeld der westlichen Streckenaufweitung



Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse Blatt: 327

**Firstkontrollbohrung FKBrG. 750-32 und EBrG. R7-3**



*Bild 75: FKBrG. 750-32 – Position bei 4,2 m  
Aufgelockerter Bereich bis 4,5 m*



*Bild 76: FKBrG. 750-32 – Position bei 4,5 m  
Übergang Steinsalz–Sorelbeton*



*Bild 77: FKBrG. 750-32 – Position bei 7,2 m  
weitgehend formschlüssiger Übergang  
Sorelbeton–Steinsalz*



*Bild 78: EBrG. R7.3 – Position bei ca. 10,0 m  
Salzausblühungen an potentieller Auflocke-  
rung*

### Anhang 11.2: Zeitreihen der Firstextensometer- und Temperaturmessungen

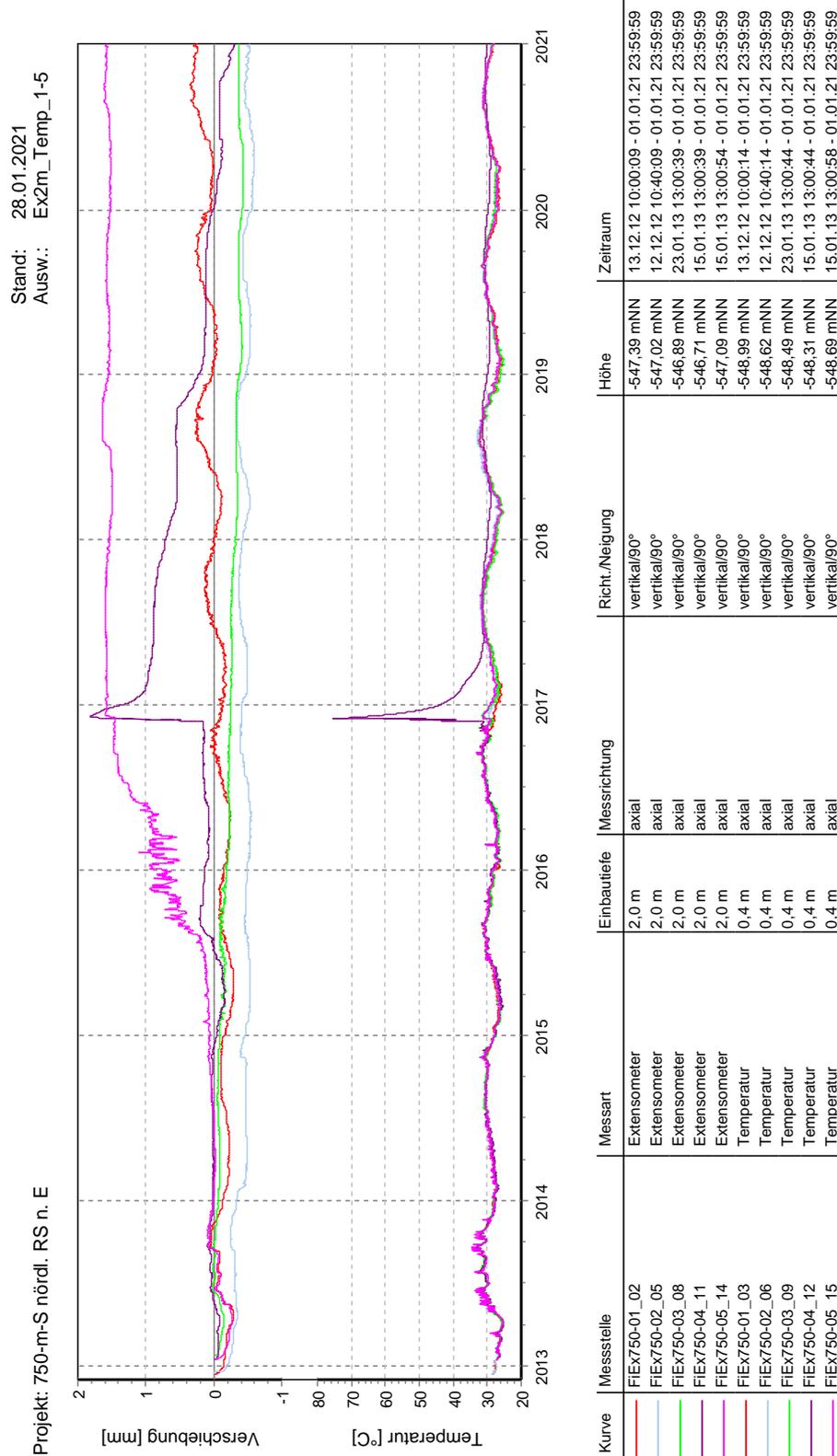


Bild 79: Zeitreihen Temperatur- und Extensometermessungen 2-m-Ankerpunkte, Bohrungen FIEx750-01 bis -05 (Messstellen sind mit Angabe der Messkanalnummern aufgeführt)

KQM\_Textblatt\_REV11\_Stand-2018-04-16

Stand: 21.04.2021  
Ausw.: 4m Anker

Projekt: 750-m-S nördl. RS n. E

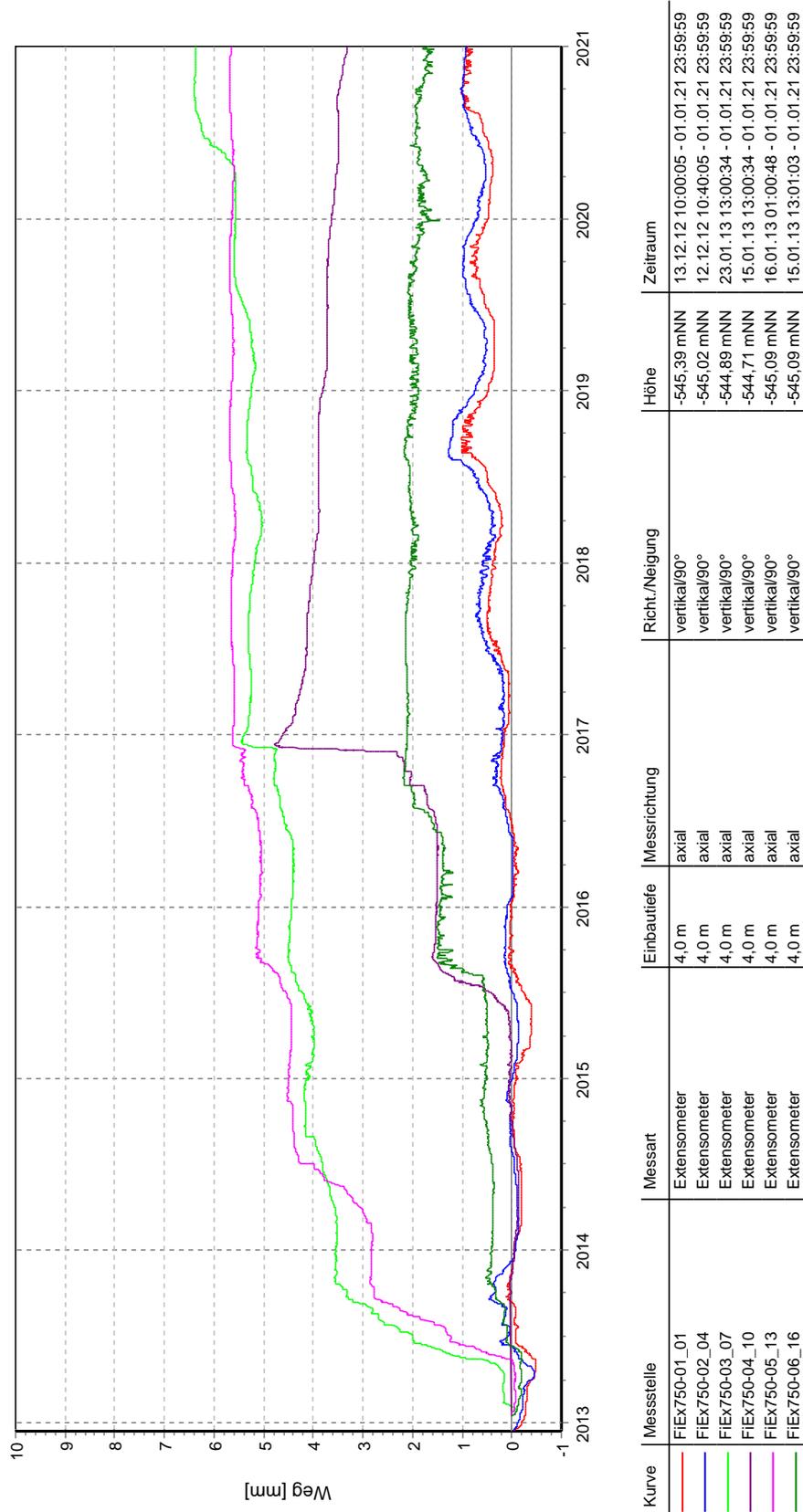
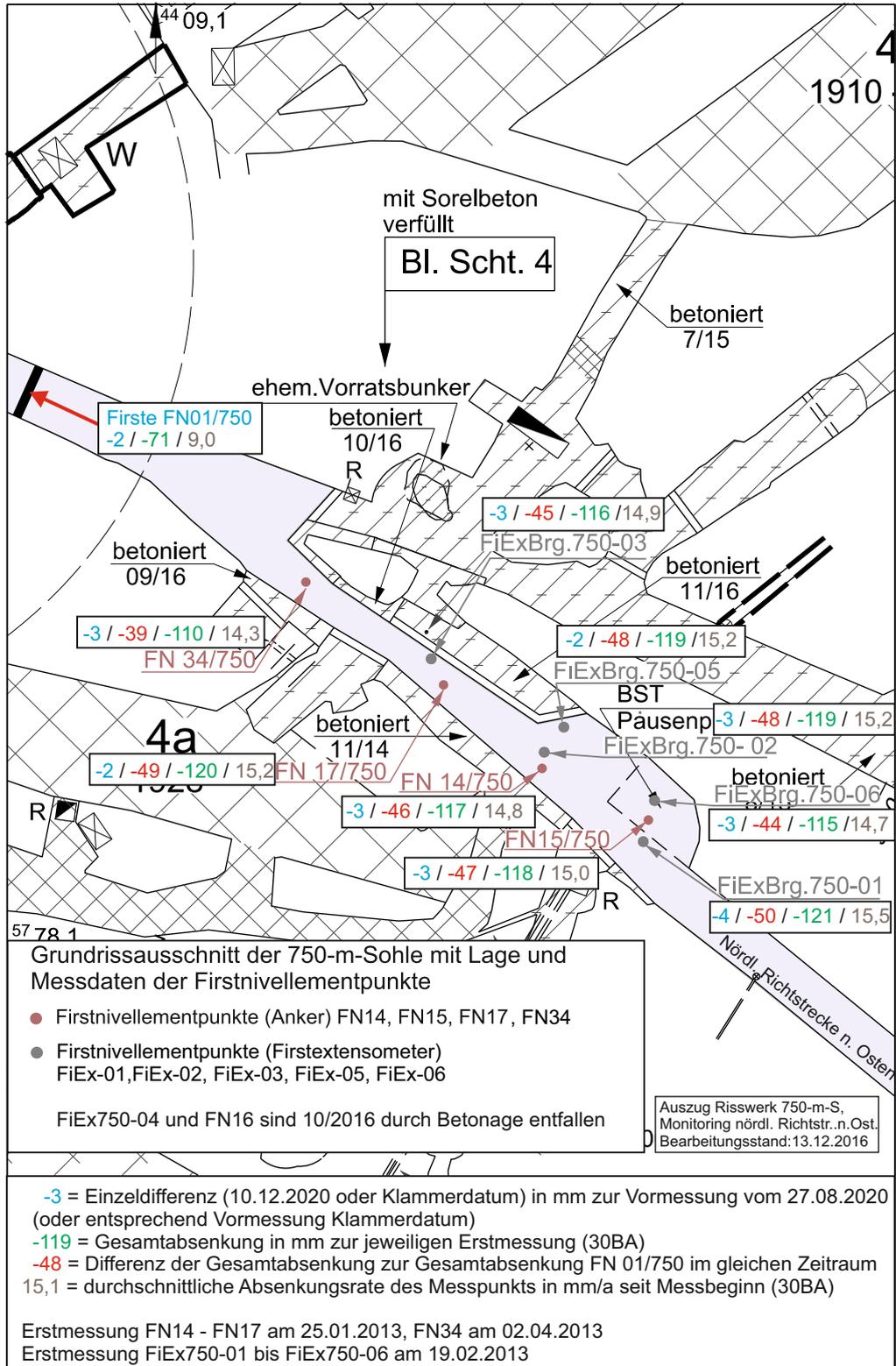


Bild 80: Zeitreihen Extensometermessungen 4-m-Ankerpunkte, Bohrungen FiEx750-01 bis -06 (Messtellen sind mit Angabe der Messkanalnummern aufgeführt)

### Anhang 11.3: Firstnivellement





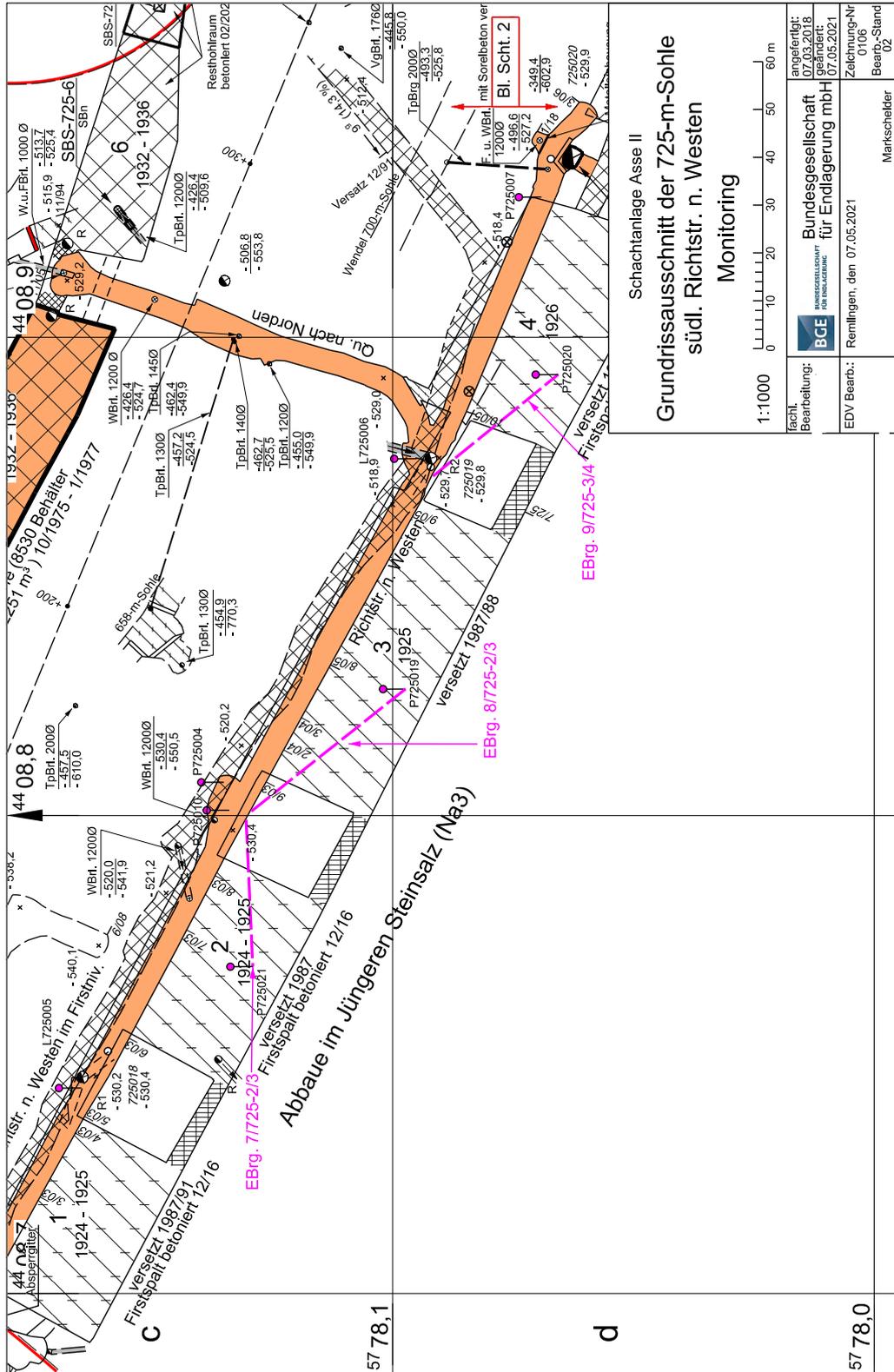
Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 332

**Anhang 12: Richtstrecke nach Westen auf der 725-m-Sohle (Gleitbogenausbau)**

**Anhang 12.1: Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle mit Lage der betrachteten Streckenabschnitte**



KQM\_Textblatt\_REV11\_Stand-2018-04-16

57 78,0



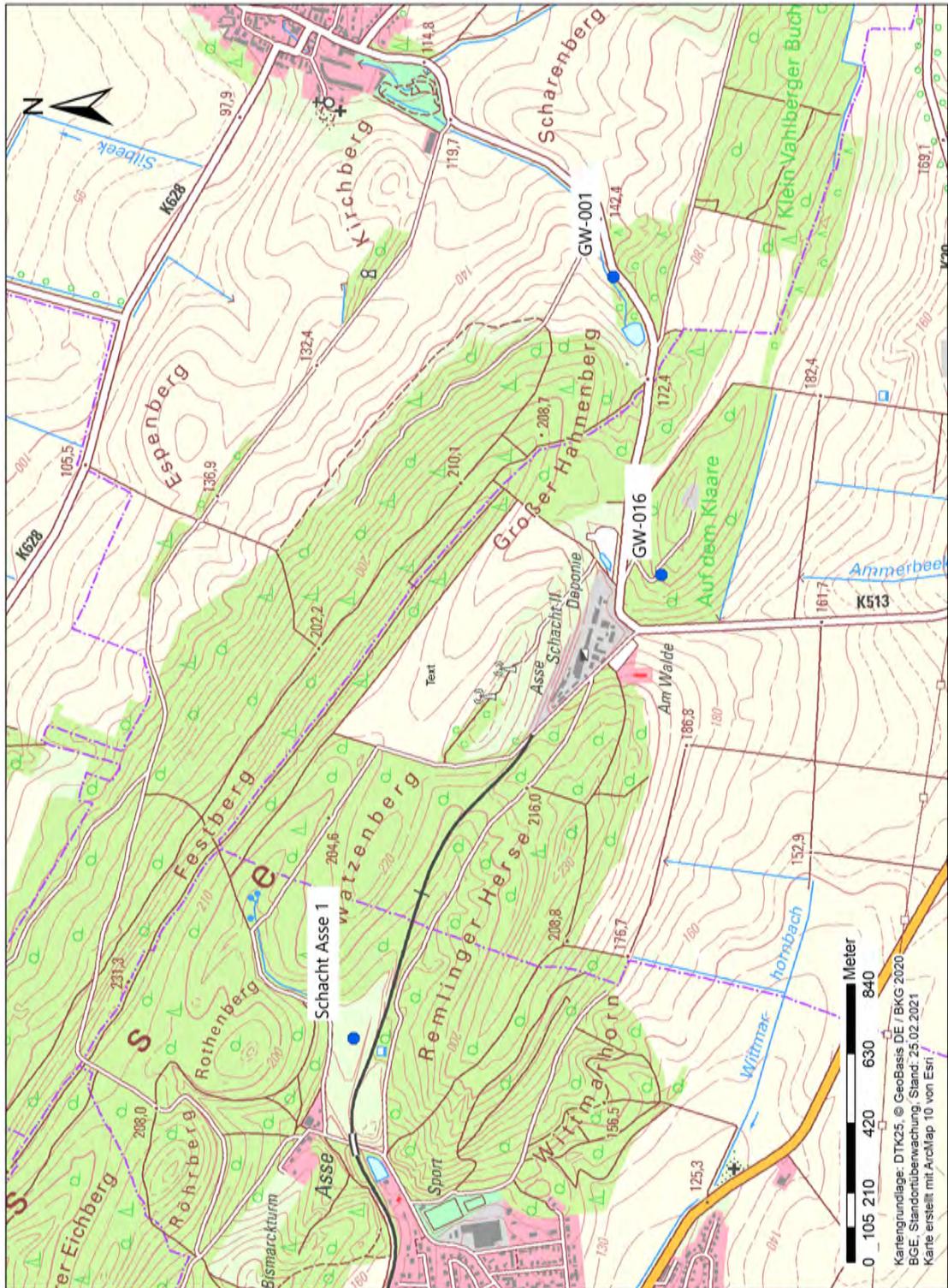
Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 334

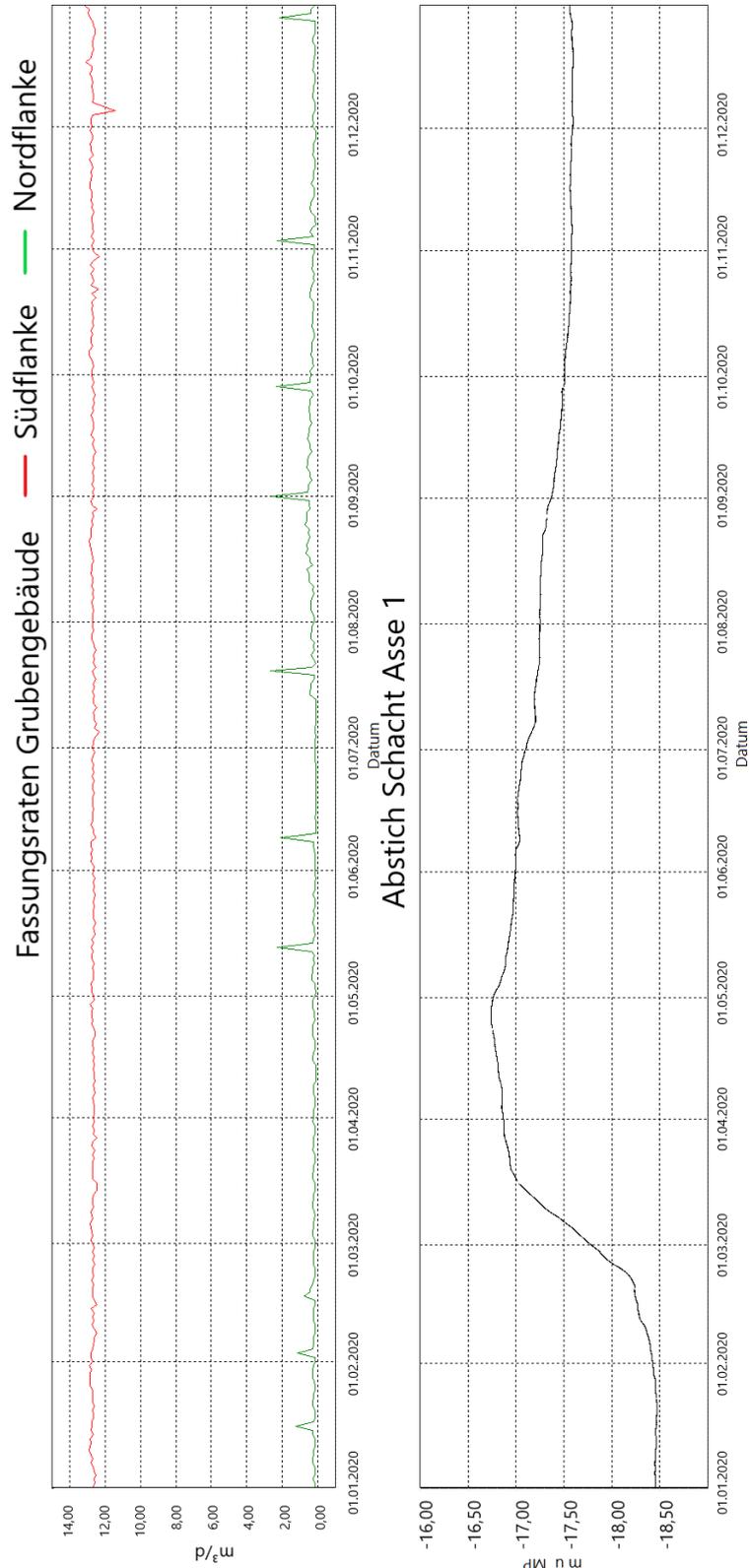
### Anhang 13: Monitoring Grundwassermessstellen

#### Anhang 13.1: Lage der Grundwassermessstellen



Projekt NAAN	PSP Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	
Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse									

**Anhang 13.2: Abstich Schacht Asse 1 und Gesamtfassungsrate im Grubengebäude der Schachanlage Asse II (Zeitraum: 01/2020–12/2020)**



Projekt	PSP Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	64300000	GMÜ			GC	BT	0022	00	

Jahresbericht 2020 – Geomonitoring Asse

Blatt: 336

**Anhang 13.3: Abstich Schacht Asse 1, GW-001 (H1) und GW-016 (P16)  
(Zeitraum: 01/2020–12/2020)**

